

POLA DISTRIBUSI SPASIAL URBAN SPRAWL DAN PETA DASIMETRIK DI KOTA BOGOR MENGGUNAKAN METODE NDBI DAN MNDWI

Defva Sahuri, Erwin Hermawan, Nurul Kamilah, Dewi Primasari

Teknik Informatika, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jalan Sholeh Iskandar Km 2, Bogor, Indonesia

defvasyahuri20@gmail.com

ABSTRAK

Dalam 10 tahun terakhir, Kota Bogor mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan. Jumlah penduduk meningkat dari 820.707 jiwa pada tahun 2003 menjadi 1.013.019 jiwa pada tahun 2013, dan mencapai 1.070.719 jiwa pada tahun 2023. Pertumbuhan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah urbanisasi dari wilayah kabupaten menuju kota, yang memicu terbentuknya kawasan permukiman baru sebagai tempat tinggal penduduk. Urbanisasi yang tidak terkendali mengakibatkan berkembangnya daerah pinggiran kota secara pesat dan berkurangnya lahan terbangun (built-up area). Kondisi ini memicu pemekaran kota akibat ekspansi perkotaan yang tidak terkontrol atau dikenal sebagai urban sprawl, yang berdampak pada kebutuhan ruang hunian dan perubahan fungsi fisik kota ke arah luar. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola distribusi urban sprawl dan peta dasimetrik di Kota Bogor dengan menggunakan citra satelit Landsat 5 TM dan 8 OLI TIRS. Metode yang digunakan mengombinasikan NDBI, MNDWI, serta peta dasimetrik dengan platform Google Earth Engine (GEE). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan luas area terbangun, dengan penambahan tertinggi sebesar 6.182 hektar pada tahun 2023. Kecamatan Tanahsareal mencatat penambahan terbesar sebesar 1.412 hektar. Kepadatan penduduk juga meningkat, dengan Kecamatan Bogor Selatan memiliki densitas tertinggi antara 246–313 jiwa/ha. Pertumbuhan luas lahan terbangun seimbang dengan kenaikan kepadatan penduduk.

Kata kunci : Dasimetrik, Google Earth Engine, Kota Bogor, MNDWI, NDBI, Urban Sprawl

1. PENDAHULUAN

Urban sprawl merupakan proses suburbanisasi yaitu terbentuknya permukiman-permukiman baru dan juga kawasan industri di pinggiran wilayah perkotaan. Suburbanisasi yang terjadi cenderung menjadikan kawasan perkotaan secara fisik meluas dan terpecah secara acak dan semakin tidak terkendali [1]. *Urban Sprawl* di Kota Bogor dapat terjadi akibat pesatnya perkembangan penduduk, perkembangan infrastruktur, dan pembangunan lahan industri dan perumahan, karena wilayahnya merupakan pusat pemerintahan dan perekonomian [2]. Luas lahan terbangun di Kota Bogor mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1996, luas lahan terbangun tercatat sebesar 476 Ha. Pada tahun 2006, luas tersebut bertambah menjadi 6.683 Ha, dan pada tahun 2016 kembali meningkat menjadi 7.532 Ha. Peningkatan ini menunjukkan adanya perkembangan pembangunan dan perluasan wilayah permukiman di Kota Bogor selama dua dekade terakhir [3].

Kepadatan penduduk di Kota Bogor tercatat mengalami peningkatan yang signifikan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Bogor tahun 2013, angka kepadatan penduduk di berbagai kecamatan menunjukkan variasi yang cukup tinggi. Pada tahun tersebut, Kecamatan Tanahsareal mencatat kepadatan penduduk sebesar 1.093 jiwa per hektar, disusul oleh Kecamatan Bogor Barat (679 jiwa/hektar), Kecamatan Bogor Tengah (1.282 jiwa/hektar), Kecamatan Bogor Utara (1.020 jiwa/hektar), Kecamatan Bogor Selatan (618 jiwa/hektar), dan Kecamatan Bogor Timur (985 jiwa/hektar) [4]. Sepanjang dekade berikutnya,

dinamika pertumbuhan penduduk di Kota Bogor terus berlanjut. Pada tahun 2023, data terbaru menunjukkan bahwa Kecamatan Tanahsareal mengalami kenaikan menjadi 1.097 jiwa per hektar, Kecamatan Bogor Barat meningkat menjadi 1.029 jiwa per hektar, Kecamatan Bogor Tengah tercatat sebesar 1.147 jiwa per hektar, Kecamatan Bogor Utara mencapai 1.054 jiwa per hektar, Kecamatan Bogor Selatan naik menjadi 690 jiwa per hektar, serta Kecamatan Bogor Timur dengan kepadatan penduduk sebesar 1.021 jiwa per hektar [5]. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk di Kota Bogor terus berlanjut secara konsisten, dengan kecenderungan peningkatan kepadatan di hampir seluruh kecamatan, sehingga perlu menjadi perhatian dalam perencanaan pembangunan dan pengelolaan lingkungan perkotaan.

Kota Bogor mengalami peningkatan luas lahan terbangun dan kepadatan penduduk secara konsisten dari tahun ke tahun. Namun, hingga saat ini, pola spasial distribusi lahan terbangun dan kepadatan penduduk di wilayah tersebut belum terpetakan secara menyeluruh dan komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola distribusi spasial serta kepadatan penduduk di Kota Bogor melalui analisis terhadap pola urban sprawl dan perkembangan kepadatan penduduk. Tujuannya agar pemerintah memonitoring perkembangan urban sprawl dan kepadatan penduduk dalam jangka waktu minimal sepuluh tahun sekali. Pendekatan yang digunakan merupakan kombinasi antara metode NDBI, MNDWI, dan analisis peta dasimetrik. NDBI dan MNDWI merupakan teknik analisis citra satelit yang telah banyak diaplikasikan dalam studi pemetaan

urban sprawl. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih akurat dan terperinci mengenai dinamika urbanisasi serta distribusi penduduk di Kota Bogor [6].

Hasil analisis indeks NDBI dan MNDWI memiliki peran penting dalam memantau perkembangan urban sprawl serta dinamika kepadatan penduduk di suatu wilayah dalam jangka waktu panjang, misalnya setiap sepuluh tahun sekali. Dalam konteks Kota Bogor, analisis pola distribusi *urban sprawl* dan pemetaan dasimetrik dapat dilakukan secara efektif dengan memanfaatkan data citra satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI/TIRS, yang dilengkapi dengan peta administrasi Kota Bogor tahun 2023 untuk keperluan overlay dan akurasi spasial. Kedua jenis citra satelit tersebut bekerja menggunakan sensor multispektral yang mencakup band SWIR (1,55–1,75 μm) dan band NIR (0,76–0,90 μm), sehingga mampu menyediakan informasi detail mengenai perubahan lahan terbangun, vegetasi, dan perairan. Untuk mendukung proses analisis, data citra satelit dapat diakses dan diolah secara efisien melalui aplikasi *Google Earth Engine (GEE)*, yang menyediakan berbagai alat komputasi spasial untuk menghitung indeks vegetasi maupun indeks terkait urban sprawl lainnya. Dengan memanfaatkan *Google Earth Engine*, peneliti dapat memperoleh data serta informasi terkait pola distribusi urban sprawl dan kepadatan penduduk secara lebih cepat, akurat, dan komprehensif, sehingga mendukung penelitian spasial yang relevan dan terbaru di Kota Bogor [7].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Arshelia Anggun Kinanti, Ica Indah Permata Ayu, dan Tri Sulistyoningsih yang berjudul “Dampak Dari Fenomena Urban Sprawl Terhadap Penggunaan Ruang Terbuka Hijau Di Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Malang)”. Hasilnya, semakin tingginya jumlah penduduk maka berdampak pada peningkatan berbagai macam kebutuhan fisik maupun non fisik, dengan banyaknya peningkatan berbagai macam kebutuhan barang dan jasa, juga akan berpotensi meningkatnya kebutuhan penggunaan lahan. Urban Sprawl yang terjadi di Kota Malang mengakibatkan berkurangnya Ruang Terbuka Hijau (RTH) sehingga menjadikan penggunaan lahan penuh dengan bangunan industri dan perumahan sehingga menjadi penyebab adanya banjir di tengah kota.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Aria Gusandra, Janthy T. Hidayat, dan Titik Penta Artiningsih yang berjudul “Analisis Pemanfaatan Ruang Di Kecamatan Bogor Selatan Kota Bogor”. Hasilnya, Tingkat konsistensi pemanfaatan ruang Kecamatan Bogor Selatan seluas 2.885,23 hektar (94,67%) dengan tingkat konsistensi paling tinggi berada di Kelurahan Mulyaharja. Inkonsistensi pemanfaatan ruang seluas 162,44 hektar (5,33%) yang paling banyak terjadi di Kelurahan Genteng. Adapun faktor yang mempengaruhi terjadinya inkonsistensi

pemanfaatan ruang yaitu kebutuhan tempat tinggal, kurangnya pengawasan dan penertiban, ketersediaan fasilitas Kesehatan dan kebutuhan ekonomi.

2.1. Urban Sprawl

Urban sprawl pada dasarnya merupakan istilah lain dari urbanisasi. Istilah ini mengacu pada migrasi penduduk dari wilayah perkotaan menuju wilayah berpenduduk rendah di lahan pedesaan. Proses ini menghasilkan penyebaran wilayah kota dan daerah asalnya ke atas lahan pedesaan yang lebih luas. Dengan kata lain, urban sprawl didefinisikan sebagai pengembangan kawasan permukiman dan komersial berkepadatan rendah di atas lahan yang sebelumnya belum dikembangkan [8]. Dampak terjadinya urban sprawl akan munculnya indikator kemiskinan di perkotaan, ketimpangan pendapatan per kapita, pengangguran, kriminalitas, polusi udara dan suara, perluasan kawasan kumuh, dan lain-lain [9].

2.2. Karakteristik Urban Sprawl

Karakteristik urban sprawl dapat digolongkan ke dalam tiga tipe. Tipe pertama, yaitu Single-Use Zoning, menunjukkan kondisi di mana kawasan komersial, permukiman, dan area industri terpisah satu sama lain. Tipe kedua, yaitu Low-Density Zoning, mencerminkan pertumbuhan wilayah yang terjadi di area dengan tingkat kepadatan penduduk yang rendah. Tipe ketiga, yaitu Car-Dependent Communities, merupakan area yang mengalami urban sprawl dan ditandai dengan tingginya ketergantungan terhadap mobil sebagai alat transportasi. Kondisi ini sering disebut sebagai automobile dependency. Sebagian besar aktivitas, seperti berbelanja atau bepergian ke tempat kerja, memerlukan kendaraan pribadi akibat isolasi antara kawasan permukiman dengan zona industri dan kawasan komersial. [10].

2.3. Pemetaan Dasimetrik

Pemetaan dasimetrik dapat digunakan sebagai data tambahan untuk memperbaiki resolusi data populasi menjadi lebih baik. Pemetaan dasimetrik juga dapat memberikan informasi estimasi populasi di wilayah yang kecil dengan lebih akurat. Dalam perkembangannya, pemetaan dasimetrik terbagi menjadi 4 (empat) kelompok metode, yaitu choropleth, binari, penggunaan lahan, dan spasio-temporal. Metode choropleth merupakan pemetaan yang paling sederhana, yaitu dengan memetakan sebaran penduduk berdasarkan data statistik dengan luas unit administrasi. Metode binari merupakan metode untuk memetakan sebaran penduduk berdasarkan tutupan lahan. Informasi tutupan lahan tersebut terbagi menjadi dua kelas, yaitu wilayah yang ditempati dan wilayah yang tidak di tempati. Metode penggunaan lahan merupakan metode untuk memetakan sebaran penduduk berdasarkan aktivitas penduduk pada penggunaan lahan. Metode spasio-temporal merupakan metode untuk memetakan sebaran penduduk berdasarkan metode penggunaan lahan,

tetapi dengan membagi berdasarkan waktu sebagai contoh, siang hari [11].

2.4. NDBI (Normalized Difference Build Index)

NDBI merupakan metode yang digunakan untuk mengotomatiskan proses pemetaan lahan terbangun. Nilai NDBI berkisar lebih dari -0,1, di mana nilai mendekati -1 mengidentifikasi area non-lahan terbangun, sedangkan nilai mendekati 1 mengidentifikasi area lahan terbangun. Peneliti dapat menggunakan parameter Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) untuk mengidentifikasi area lahan terbangun di Kota Bogor dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \dots \dots \dots (1)$$

Band 6 (B6) merepresentasikan kanal SWIR, sedangkan Band 5 (B5) merepresentasikan kanal NIR. Perhitungan nilai NDBI dikembangkan dengan menggunakan data dari citra Landsat TM, dan dapat diaplikasikan pada citra Landsat OLI menggunakan persamaan yang telah disebutkan. Metode ini telah digunakan dalam penelitian yang memanfaatkan citra Landsat 5 TM untuk periode tahun 1993–2003 dan citra Landsat 8 OLI/TIRS untuk periode tahun 2013–2023 [15] [16].

2.5. MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)

Indeks spektral MNDWI merupakan suatu algoritma spektral modifikasi yang dikenalkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Xu (2006) yang mengkombinasikan kanal Mid Infra-Red (MIR)/B5 dan visible green/B2 pada citra Landsat TM. Modifikasi dilakukan pada algoritma NDWI yang pertama kali dikenalkan oleh McFeeters (1996) dengan mensubstitusi kanal Near Infra-Red (NIR)/B4 dengan Mid Infra-Red (MIR)/B5 pada citra Landsat TM [17] [18].

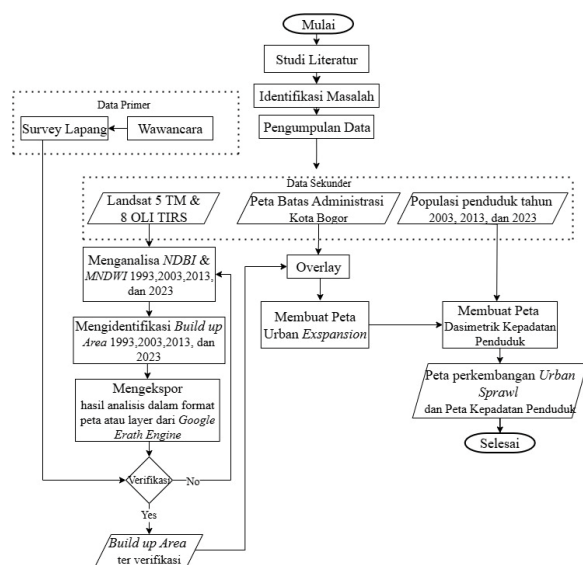
Indeks spektral MNDWI ini digunakan untuk memisahkan fitur air dan bukan air pada suatu wilayah khususnya di perkotaan, kanal MIR memiliki nilai reflektan permukaan yang lebih baik jika dibandingkan dengan kanal yang lain. Nilai MNDWI adalah ≤ 0 , dimana nilai 0 mengidentifikasi non area terbangun [16].

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR 1}{Green + SWIR 1} \dots \dots \dots (2)$$

Pada kajian Sentinel-2, indeks spektral MNDWI menggunakan kombinasi kanal Short Wave Infra-Red (SWIR-1)/B11 dan visible green/B3. Perhitungan indeks spektral ini didapatkan dengan menerapkan Persamaan 2. Dimana $\rho SWIR1$ dan $\rho Green$ merupakan nilai reflektan permukaan kanal SWIR-1 dan visible green pada sensor Sentinel-2 MSI secara berurutan [17] [18].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial untuk mengidentifikasi pola distribusi *urban sprawl* serta pemetaan dasimetrik di Kota Bogor. Analisis utama dilakukan melalui pemanfaatan citra satelit berbasis indeks NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) dan MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*). Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif dengan tahapan sistematis mulai dari pengumpulan data, analisis citra satelit, hingga pembuatan peta tematik. Kerangka berpikir penelitian digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka berpikir

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis dan konseptual yang relevan terkait *urban sprawl*, kepadatan penduduk, serta metode analisis spasial berbasis citra satelit dan data kependudukan. Studi literatur ini menjadi dasar dalam merumuskan permasalahan dan tujuan penelitian.

Tahap identifikasi masalah bertujuan untuk merumuskan permasalahan utama yang akan dikaji, yaitu belum terpetakannya pola distribusi spasial urban sprawl dan kepadatan penduduk di Kota Bogor secara menyeluruh.

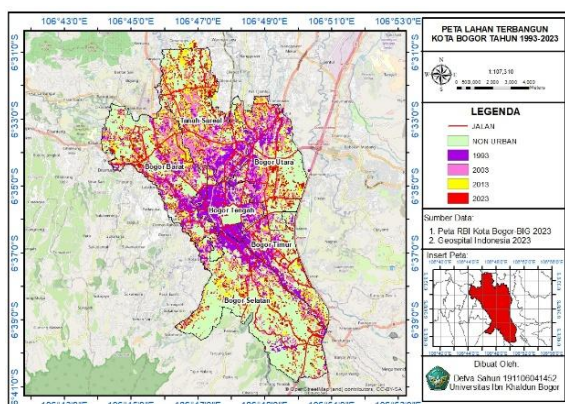
Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan dan wawancara untuk memverifikasi hasil interpretasi citra satelit dan memperoleh informasi aktual di lapangan. Data sekunder meliputi citra satelit Landsat 5 TM dan 8 OLI TIRS, peta batas administrasi Kota Bogor, serta data populasi penduduk tahun 2003, 2013, dan 2023.

Pengolahan Data dilakukan dengan cara menganalisis citra satelit menggunakan indeks NDBI dan MNDWI untuk tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi area terbangun (*build-up area*) pada setiap periode. Selanjutnya, hasil identifikasi tersebut diekspor dalam format peta atau

layer melalui *Google Earth Engine* untuk keperluan analisis spasial lanjutan. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil identifikasi area terbangun dengan data primer dari survei lapangan. Tahap selanjutnya adalah menggabungkan peta area terbangun dan data jumlah penduduk untuk di overlaykan menjadi peta area lahan terbangun dan peta kepadatan penduduk.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis citra satelit menggunakan indeks NDBI dan MNDWI berhasil mengidentifikasi area lahan terbangun dan perairan di Kota Bogor pada tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023. Pembahasan pada tahap ini mengungkapkan bahwa penggunaan indeks spasial sangat efektif dalam membedakan lahan terbangun, vegetasi, dan perairan, sehingga dapat digunakan untuk memantau perkembangan urban sprawl secara akurat. Hasil identifikasi area terbangun (build-up area) berhasil dipetakan dan diekspor dalam format peta atau layer melalui *Google Earth Engine*. Pembahasan pada tahap ini menunjukkan bahwa proses ekspor data spasial memudahkan analisis lebih lanjut dan memastikan data yang digunakan telah tersedia dalam format yang kompatibel untuk overlay dan visualisasi. Hasil verifikasi data menunjukkan bahwa hasil analisis citra satelit sudah sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, sehingga data lahan terbangun yang dihasilkan dapat diandalkan untuk tahap analisis selanjutnya. Pembahasan pada tahap ini menegaskan pentingnya verifikasi lapangan untuk memastikan validitas dan akurasi data spasial. Hasil overlay antara peta area terbangun, peta administrasi, dan data kependudukan menghasilkan peta tematik yang menggambarkan perkembangan urban sprawl dan distribusi kepadatan penduduk di Kota Bogor. Pembahasan pada tahap ini menegaskan bahwa peta tematik merupakan alat visualisasi yang efektif untuk menyajikan hasil analisis spasial secara jelas dan mudah dipahami. Berikut layout peta Urban Sprawl Kota Bogor divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 2. Layout peta Urban Sprawl Kota Bogor

Gambar 2 menunjukkan layout peta urban sprawl yang dibuat menggunakan metode NDBI dan MNDWI. Pada periode awal tahun 1993, konsentrasi

lahan terbangun masih terpusat di wilayah inti kota, khususnya di Kecamatan Bogor Tengah dan sebagian Bogor Barat. Seiring waktu, pada tahun 2003, terjadi peningkatan luasan lahan terbangun yang cukup signifikan, dengan ekspansi yang mulai merambah ke kawasan Bogor Barat, Bogor Timur, dan Tanah Sareal. Pola pertumbuhan ini mengikuti jaringan jalan utama dan koridor transportasi, yang dapat diamati dari sebaran lahan terbangun yang mengelilingi dan mengikuti ruas-ruas jalan utama.

Memasuki tahun 2013, urban sprawl semakin meluas ke arah pinggiran kota, ditandai dengan bertambahnya area terbangun di Kecamatan Bogor Utara, Bogor Selatan, dan perluasan lebih lanjut di Tanah Sareal. Pada periode ini, pola pertumbuhan lahan terbangun mulai membentuk konfigurasi yang lebih tersebar (sprawling), tidak hanya terfokus di pusat kota tetapi juga mulai mengisi ruang-ruang kosong di sekitar wilayah administratif Kota Bogor.

Pada tahun 2023, peta menunjukkan bahwa hampir seluruh wilayah Kota Bogor telah mengalami ekspansi lahan terbangun yang sangat masif. Area terbangun semakin mendominasi, terutama di sepanjang koridor jalan utama dan kawasan strategis perkotaan. Kecamatan Tanah Sareal, Bogor Barat, dan Bogor Timur menjadi wilayah dengan pertumbuhan lahan terbangun paling pesat, yang ditandai dengan intensitas warna yang semakin padat pada peta. Fenomena urban sprawl ini juga mengindikasikan adanya tekanan pembangunan ke arah pinggiran kota, sehingga menyebabkan perubahan penggunaan lahan yang signifikan dari kawasan non-terbangun menjadi kawasan terbangun.

Secara keseluruhan, pola Urban Sprawl di Kota Bogor selama periode 1993 hingga 2023 menunjukkan karakteristik pertumbuhan yang awalnya terpusat, kemudian berkembang secara radial dan menyebar ke seluruh kecamatan, mengikuti infrastruktur transportasi dan ketersediaan lahan. Temuan ini penting sebagai dasar perumusan kebijakan tata ruang dan pengendalian pertumbuhan kota agar pembangunan yang terjadi tetap berkelanjutan dan memperhatikan keseimbangan lingkungan. Nilai luasan lahan terbangun sebagai berikut:

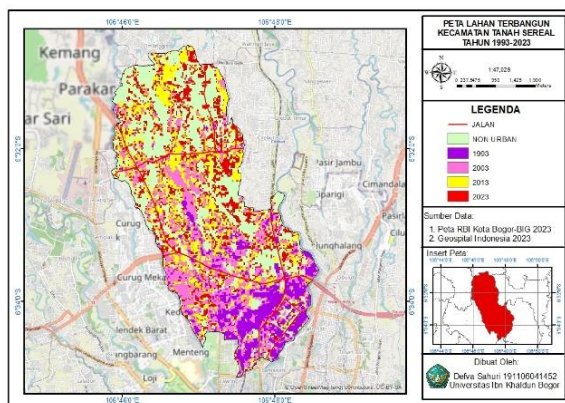
Tabel 1. Luasan lahan terbangun di kota bogor tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023

Tahun	Luas lahan terbangun (ha)	Akumulasi luasan lahan terbangun (ha)
1993	1.734	1.734
2003	1.731	3.465
2013	4.971	4.971
2023	1.211	6.182

Berdasarkan Tabel 1 mengenai luasan lahan terbangun di Kota Bogor pada tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023, terlihat adanya dinamika perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan selama tiga dekade terakhir. Pada tahun 1993, luas lahan terbangun tercatat sebesar 1.734 hektar, yang sekaligus menjadi akumulasi awal lahan terbangun pada periode

tersebut. Sepuluh tahun kemudian, pada tahun 2003, terjadi penambahan lahan terbangun sebesar 1.731 hektar. sehingga akumulasi luas lahan terbangun mencapai 3.465 hektar. Peningkatan yang lebih besar terjadi pada tahun 2013, di mana luas lahan terbangun bertambah 4.971 hektar, sehingga total akumulasi pada tahun tersebut menjadi 4.971 hektar.

Pada tahun 2023, penambahan lahan terbangun tercatat sebesar 1.211 hektar, sehingga akumulasi luas lahan terbangun di Kota Bogor mencapai 6.182 hektar. Data ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan lahan terbangun mengalami fluktuasi, dengan penambahan paling besar terjadi pada periode 2003–2013. Secara keseluruhan, tren ini mengindikasikan adanya ekspansi wilayah terbangun yang terus berlangsung, sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan pembangunan di Kota Bogor. Perubahan ini juga mencerminkan tekanan urbanisasi yang tinggi, di mana konversi lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun menjadi salah satu ciri utama perkembangan wilayah perkotaan. Layout peta Urban Sprawl Kecamatan Tanahsareal divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 3. Layout peta Urban Sprawl Kecamatan Tanahsareal

Gambar 3 Merupakan layout peta urban sprawl yang dibuat dengan menggunakan metode NDBI dan MNDWI. Peta lahan terbangun Kecamatan Tanahsareal tahun 1993–2023 memperlihatkan dinamika dan pola ekspansi urban sprawl yang sangat jelas selama tiga dekade terakhir. Berdasarkan legenda peta, lahan terbangun digambarkan dengan gradasi warna berbeda untuk masing-masing tahun: ungu untuk tahun 1993, merah muda untuk tahun 2003, kuning untuk tahun 2013, dan merah untuk tahun 2023. Sementara itu, area non-urban ditunjukkan dengan warna hijau muda.

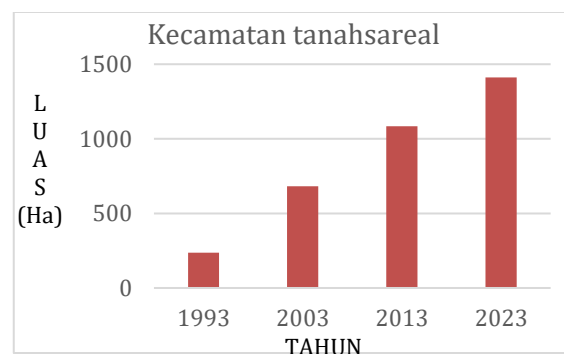
Pada tahun 1993, lahan terbangun di Kecamatan Tanahsareal masih terkonsentrasi di bagian selatan dan tengah, dengan sebaran yang relatif terbatas dan membentuk klaster-klaster kecil di sekitar jaringan jalan utama. Ekspansi lahan terbangun mulai terlihat pada tahun 2003, di mana area yang sebelumnya non-urban mulai berubah menjadi kawasan terbangun, terutama di sepanjang koridor jalan dan wilayah yang

berdekatan dengan pusat Kota Bogor. Warna merah muda yang merepresentasikan tahun 2003 menunjukkan penyebaran lahan terbangun yang semakin meluas ke arah utara dan timur kecamatan.

Perkembangan urban sprawl semakin intensif pada tahun 2013, yang ditandai dengan perluasan area terbangun (warna kuning) ke hampir seluruh wilayah tengah dan selatan Tanahsareal. Pada periode ini, pola pertumbuhan lahan terbangun tidak hanya mengikuti jaringan jalan utama, tetapi juga mulai mengisi area-area yang sebelumnya merupakan ruang terbuka atau lahan non-urban, sehingga membentuk konfigurasi spasial yang lebih padat dan menyebar.

Memasuki tahun 2023, ekspansi lahan terbangun (warna merah) semakin masif dan merata di seluruh wilayah Kecamatan Tanahsareal. Area terbangun mendominasi hampir seluruh bagian tengah, selatan, dan sebagian utara kecamatan. Pola urban sprawl yang terbentuk menunjukkan kecenderungan pertumbuhan yang tidak lagi terkonsentrasi di satu titik, tetapi menyebar secara radial mengikuti perkembangan infrastruktur dan kebutuhan permukiman baru. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan pembangunan di Kecamatan Tanahsareal sangat tinggi, sehingga lahan non-urban semakin berkurang dan terfragmentasi.

Secara keseluruhan, peta ini menggambarkan bahwa proses urban sprawl di Kecamatan Tanahsareal berlangsung secara progresif dan intensif dari tahun ke tahun, dengan pola pertumbuhan yang awalnya terfokus di sekitar pusat kota dan jaringan jalan utama, kemudian meluas dan menyebar ke seluruh wilayah kecamatan. Temuan ini menjadi penting sebagai dasar pertimbangan dalam perencanaan tata ruang, pengendalian pertumbuhan wilayah, serta pengelolaan lingkungan perkotaan yang berkelanjutan di Kecamatan Tanahsareal. Perkembangan lahan terbangun dari tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023 di Kecamatan Tanahsareal digambarkan sebagai berikut:



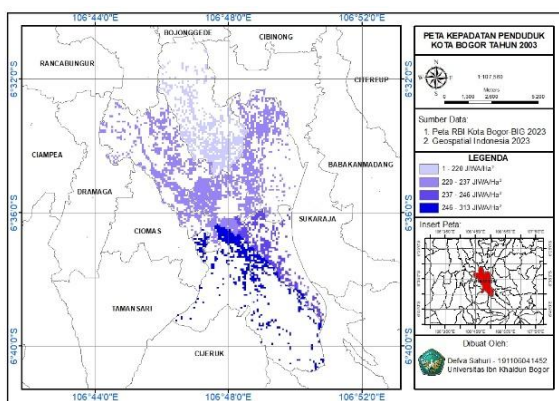
Gambar 4. Grafik pertumbuhan lahan terbangun di Kecamatan Tanahsareal tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023

Gambar 4 Merupakan grafik pertumbuhan lahan terbangun di Kota Bogor tahun 1993, 2003, 2013, dan 2023 menunjukkan perkembangan luas lahan terbangun di Kecamatan Tanah Sareal selama periode 1993 hingga 2023. Secara umum, grafik ini

memperlihatkan tren peningkatan yang sangat signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1993, luas lahan terbangun di Kecamatan Tanah Sareal tercatat sekitar 237 hektar. Sepuluh tahun kemudian, pada tahun 2003, luas lahan terbangun meningkat drastis menjadi sekitar 682 hektar. Peningkatan ini berlanjut pada tahun 2013, di mana luas lahan terbangun mencapai sekitar 1.084 hektar. Pada tahun 2023, luas lahan terbangun kembali mengalami kenaikan yang cukup besar hingga mencapai sekitar 1.412 hektar.

Pola pertumbuhan yang ditunjukkan oleh grafik ini mengindikasikan adanya ekspansi lahan terbangun yang berlangsung secara konsisten dan intensif selama tiga dekade terakhir. Laju pertumbuhan paling tinggi terjadi pada dekade pertama (1993–2003), yang kemudian diikuti oleh pertumbuhan yang tetap signifikan pada dekade-dekade berikutnya. Hal ini mencerminkan dinamika urbanisasi yang sangat kuat di Kecamatan Tanah Sareal, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, kebutuhan permukiman, serta pengembangan infrastruktur dan kawasan ekonomi.

Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan bahwa Kecamatan Tanah Sareal merupakan salah satu wilayah dengan tingkat ekspansi lahan terbangun yang paling pesat di Kota Bogor. Temuan ini penting untuk menjadi perhatian dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan wilayah, agar pertumbuhan lahan terbangun dapat diarahkan secara berkelanjutan dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan maupun kualitas hidup masyarakat.



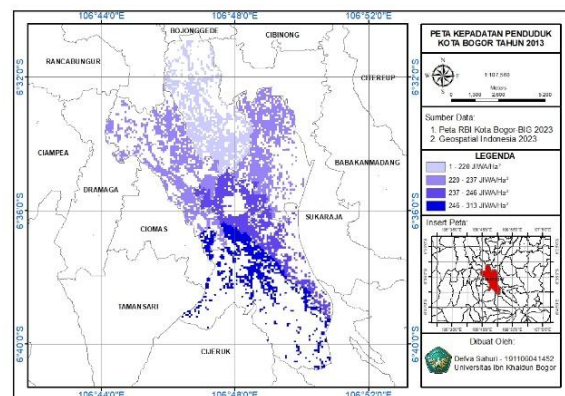
Gambar 5. Peta kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2003

Gambar 5 Merupakan peta dasimetrik kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2003 memberikan gambaran spasial mengenai distribusi jumlah penduduk per hektar di wilayah administrasi Kota Bogor. Berdasarkan legenda peta, kepadatan penduduk diklasifikasikan ke dalam empat kelas, yaitu 1–220 jiwa/ha, 220–237 jiwa/ha, 237–246 jiwa/ha, dan 246–313 jiwa/ha. Pola distribusi kepadatan penduduk menunjukkan bahwa wilayah dengan kepadatan tertinggi (246–313 jiwa/ha), yang ditandai dengan warna biru tua, terkonsentrasi di bagian tengah dan selatan Kota Bogor. Area ini meliputi sebagian besar

wilayah perkotaan inti yang secara historis merupakan pusat aktivitas ekonomi, pemerintahan, dan permukiman.

Sementara itu, wilayah dengan kepadatan sedang (237–246 jiwa/ha dan 220–237 jiwa/ha), yang ditandai dengan gradasi warna biru muda, tersebar di sekitar zona inti kota dan mulai menyebar ke arah pinggiran. Adapun wilayah dengan kepadatan terendah (1–220 jiwa/ha), yang ditandai dengan warna paling terang, umumnya berada di bagian utara, barat, dan selatan yang berbatasan langsung dengan wilayah administratif luar Kota Bogor, seperti Sukaraja, Ciomas, dan Cijeruk. Pola ini mengindikasikan adanya gradien kepadatan penduduk yang menurun dari pusat kota ke arah pinggiran, sejalan dengan karakteristik umum pertumbuhan perkotaan di Indonesia.

Distribusi spasial ini juga memperlihatkan bahwa pada tahun 2003, konsentrasi penduduk masih terfokus pada kawasan pusat kota dan koridor-koridor utama, sementara wilayah pinggiran masih didominasi oleh kepadatan rendah. Temuan ini penting untuk menjadi dasar dalam perencanaan tata ruang dan pengembangan infrastruktur, agar pertumbuhan penduduk di masa mendatang dapat diakomodasi secara seimbang dan berkelanjutan di seluruh wilayah Kota Bogor.

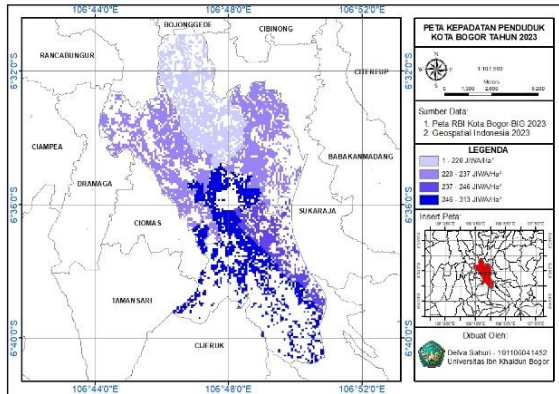


Gambar 6. Peta kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2013

Gambar 6 Merupakan peta dasimetrik kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2013 yang menunjukkan sebaran spasial penduduk berdasarkan jumlah jiwa per hektar. Pola persebaran penduduk terlihat tidak merata, dengan konsentrasi tertinggi berada di bagian tengah hingga selatan wilayah Kota Bogor, khususnya di sekitar pusat kota. Area dengan kepadatan sangat tinggi (246–313 jiwa/ha) ditunjukkan dengan warna biru tua dan tersebar dominan di wilayah padat seperti Kecamatan Bogor Tengah, Bogor Selatan, dan sebagian Bogor Timur.

Gambar 7 Merupakan peta dasimetrik kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2023 memberikan gambaran spasial yang detail mengenai distribusi jumlah penduduk di dalam wilayah administrasi kota. Berdasarkan legenda pada peta, kepadatan penduduk diklasifikasikan ke dalam empat kategori, yaitu 1–220

jiwa/ha, 220–237 jiwa/ha, 237–246 jiwa/ha, dan 246–313 jiwa/ha. Setiap kelas kepadatan ditampilkan dengan gradasi warna yang berbeda, dengan warna biru tua menunjukkan kawasan dengan kepadatan sangat tinggi, dan warna biru paling muda menunjukkan kepadatan terendah.



Gambar 7. Peta kepadatan penduduk Kota Bogor tahun 2023

Distribusi spasial penduduk di Kota Bogor tahun 2023 memperlihatkan kecenderungan konsentrasi tertinggi di bagian bogor tengah ditandai warna biru tua. Kawasan ini meliputi pusat Kota Bogor dan sebagian wilayah yang berdekatan dengan area perniagaan, pemerintahan, serta jalur transportasi utama. Sementara itu, area dengan kepadatan sedang (220–246 jiwa/ha) menyebar mengelilingi bogor selatan, zona inti tersebut dan membentuk buffer di sekitarnya.

Pola distribusi ini mengindikasikan gradien kepadatan yang menurun secara radial dari pusat kota menuju wilayah perifer. Temuan ini selaras dengan karakteristik umum fenomena urbanisasi di kota sedang di Indonesia, di mana pusat kota tetap menjadi magnet utama bagi pertumbuhan penduduk, sementara suburbanisasi dan penyebaran permukiman baru tetap terjadi di kawasan pinggiran. Peta dasimetrik ini juga memperlihatkan adanya keterkaitan yang erat antara densitas penduduk, aksesibilitas, serta penggunaan lahan di Kota Bogor, sehingga dapat menjadi dasar informasi penting dalam perencanaan tata ruang, pengembangan infrastruktur, dan kebijakan pemerataan pembangunan antarkawasan di masa mendatang.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pola distribusi urban sprawl di Kota Bogor menggunakan NDBI dan MNDWI telah berhasil mengidentifikasi perluasan lahan terbangun yang signifikan, terutama di wilayah Kecamatan Tanahsareal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2003, luas lahan terbangun di Kecamatan Tanahsareal mencapai 682 hektar, meningkat menjadi 1.084 hektar pada tahun 2013, dan mencapai 1.412 hektar pada tahun 2023. Data ini mengindikasikan bahwa pola spasial urban sprawl di Kota Bogor dapat

dipetakan secara akurat, dengan kecenderungan ekspansi lahan terbangun yang paling tinggi terjadi di Kecamatan Tanahsareal dibandingkan kecamatan lainnya. Melalui metode dasimetrik, penelitian ini berhasil menganalisis pola distribusi spasial penduduk serta kaitannya dengan urban sprawl di Kota Bogor. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan lahan terbangun yang berkembang pesat, seperti Kecamatan Tanahsareal, juga mengalami peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk. Sebagai contoh, pada tahun 2003, kepadatan penduduk tertinggi tercatat di Kecamatan Bogor Selatan (246–313 jiwa/ha), namun pada tahun 2023, kepadatan penduduk tertinggi bergeser ke Kecamatan Bogor Tengah dan Bogor Selatan (190–205 jiwa/ha), sementara wilayah lain seperti Tanahsareal juga menunjukkan peningkatan penduduk seiring dengan perluasan lahan terbangun. Hal ini membuktikan bahwa urban sprawl berkorelasi positif dengan distribusi dan kepadatan penduduk di Kota Bogor. Penelitian selanjutnya disarankan dapat dilanjutkan dengan metode lain seperti metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.A. Kinanti, I.I. Permata Ayu, T. Sulistyoningih, "Dampak dari fenomena urban sprawl terhadap penggunaan ruang terbuka hijau di perkotaan (studi kasus di kota malang)," Jurnal Inovasi dan Kreativitas (Jika), vol. 2, no. 1, pp. 69-78, Februari 2022. judul jurnal kapital/ikut template jurnal
- [2] A. Gusandra, J.T. Hidayat, T.P., "Analisis pemanfaatan ruang di kecamatan bogor selatan kota bogor," Jurnal Teknik, vol. 24, no. 2, pp. 1-7, Desember 2023.
- [3] I. Lidiawati, R.S. Hasibuan, R. Wijayanti, "Perubahan penutupan lahan kota bogor," TALENTA Conference Series, vol. 2, no. 1, pp. 45-51, 2019.
- [4] C. Sumarni, U. Ruswanda, Kota Bogor Dalam Angka 2013 Bogor Municipality in Figures. BPS Kota Bogor: Badan Pusat Statistik Kota Bogor, 2013.
- [5] R. Sulistyowati, D.D. Tari, Kota Bogor Dalam Angka 2024 Bogor in Figures. BPS Kota Bogor: BPS Kota Bogor, 2024.
- [6] Z. Islamiah, B.E.E. Dewantoro, P.A. Natani, "Spatial Monitoring of Urban Development Direction using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI/TIRS in Balikpapan City, Indonesia," ResearchGate, vol. 10, no. 3, pp. 2703-2711, February 2020.
- [7] I. Feronika, H.M. Hadibayir, A.N. Anna, Effect of Urban Sprawl on Temperature Distribution in Semarang. Amsterdam: Atlantis Press, 2023.
- [8] J. Tambani, S.L.E. Sela, "Kajian pengaruh urban sprawl terhadap perkembangan infrastruktur di kecamatan mapanget," Media Matrasain, vol. 15, no. 1, pp. 71-89, September 2018.
- [9] A. F. Aini, "Analisis dampak urbanisasi terhadap

- pertumbuhan ekonomi kota surabaya,” *Journal Economic And Strategy*, vol. 3. no. 2, pp. 60-67, 2022.
- [10] F. F. Asteriani, A. Ramadhani, “Karakteristik, tipologi, urban sprawl,” *Jurnal Santis*, vol. 18. no. 2, pp. 89-108, 2018.
- [11] M. Akbar, “Pemodelan spasial tingkat risiko tsunami terhadap populasi distribusi penduduk di kota cilacap menggunakan sistem informasi geografis”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 7 April 2018, [Online]. Tersedia: <https://eprints.ums.ac.id/62178/> [Diakses: 15 Desember 2024].
- [12] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, R. Moore, *Remote sensing of environment*. Belanda: Elsevier, 2017.
- [13] I.M Zain. *Modul Bahan Ajar Sistem Informasi Geografis*. Kampus Unesa Ketintang: Unesa University Press, 2020.
- [14] G.M Eko Hartoyo, Y. Nugroho, A. Bhirowo, B. Khalil, *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Balikpapan: Tropenbos International Indonesia Programme, 2010.
- [15] A.Y Nofrizal, “Normalized difference built-up index (ndbi) sebagai parameter identifikasi perkembangan permukiman kumuh pada kawasan pesisir di kelurahan kalang kawal, kecamatan gunung kijang, kabupaten bintang,” *Tunas Geografi*, vol. 6, no. 6, pp. 143-150, 2017.
- [16] P.S Thenkabail, *Land Resources Monitoring, Modeling, And Mapping With Remote Sensing*. New York: CRC Press, 2016.
- [17] F.D Ramadhan, “Analisis terbangun pola perubahan berdasarkan lahan kombinasi metode klasifikasi menggunakan citra penginderaan jauh multitemporal di kota surabaya”, *Its Repositori*, 23 Mei 2021, [Online]. Tersedia: <https://repository.its.ac.id/84231/> [Diakses: 20 Desember 2024].
- [18] J.B Adams, A.R. Gillespie, *Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images*. Amerika: Cambridge University Press, 2006.
- [19] H. Junaedi, “Implementasi Energy Saving Pada Gedung Bogor Trade Mall (BTM)”, *Perpustakaan FT Unpak*, 2013, [Online]. Tersedia: *Its Repositori*, 23 Mei 2021, [Online]. Tersedia: <https://lib-ft.unpak.ac.id/> [Diakses: 21 Januari 2025].
- [20] A, “Pasar Baru Bogor, Pasar Rakyat Tertua di Kota Bogor”, *Pasar Pakuan Jaya*, 16 Februari 2017, [Online]. Tersedia: *Its Repositori*, 23 Mei 2021, [Online]. Tersedia: <https://pasarpakuanjaya.co.id/> [Diakses: 21 Januari 2025].