

EKSPLORASI PENGARUH RUANG TERBUKA HIJAU PADA KENYAMANAN TERMAL DI PERKOTAAN

Nabigha Arifa Rahardjo¹, Firman Afrianto²

Email: nabigharf@gmail.com¹, firmanafrianto@mail.ugm.ac.id²

¹ Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Abstract

The dynamics of rapid population growth encourage active urban development and industrialization, but it also has the potential to harm decreasing environmental quality because it triggers land cover change. Therefore, the land cover change of vegetation areas into built-up areas plays a crucial role in suppressing the factors that affect the level of thermal comfort in a city. Thermal comfort in this study uses the THI (Temperature Humidity Index) method with a comfort range of 21–26°C. The research data obtained by the remote sensing approach, specifically multitemporal Landsat satellite imagery in 2013, 2017, and 2021. The Landsat data extraction stage used NDVI analysis, supervised classification, land surface temperature (LST), and THI. Multiple linear regression analysis is used to test the extent of the influence of each independent variable on the dependent variable. The results showed that the independent variables, including water bodies and healthy vegetation, lowered the THI as the dependent variable. Meanwhile, the variables of built-up land, open land, and unhealthy vegetation increase the THI. Based on the three THI Cirebon City models obtained, the independent variables that consistently influence are built-up areas and healthy vegetation, which have a relatively strong level of influence.

Keywords: : Land-Change, Vegetation, Temperature-Humidity, Regression

Abstrak

Dinamika pertumbuhan populasi yang cepat mendorong perkembangan urban dan industrialisasi, yang kemudian berpotensi merugikan karena menurunkan kualitas lingkungan karena memicu perubahan penutup lahan. Oleh karena itu, perubahan penutup lahan dari area vegetasi menjadi area terbangun memainkan peran penting dalam menekan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan termal di sebuah kota. Kenyamanan termal dalam penelitian ini menggunakan metode THI (*Temperature Humidity Index*) dengan rentang kenyamanan 21 – 26°C. Data penelitian diperoleh dengan pendekatan penginderaan jauh, khususnya Citra Satelit Landsat multitemporal pada tahun 2013, 2017, dan 2021. Tahap ekstraksi data Landsat menggunakan analisis NDVI, klasifikasi terbimbing, suhu permukaan tanah (LST), dan THI. Analisis regresi linier berganda digunakan untuk menguji seberapa jauh pengaruh setiap variabel independen terhadap variabel dependen. Hasilnya menunjukkan bahwa variabel independen, termasuk badan air dan vegetasi sehat, menurunkan THI sebagai variabel dependen. Sementara itu, variabel tanah terbangun, tanah terbuka, dan vegetasi tidak sehat meningkatkan THI. Berdasarkan tiga model THI Kota Cirebon yang diperoleh, variabel independen yang secara konsisten berpengaruh adalah area terbangun dan vegetasi sehat dengan tingkat pengaruh yang relatif kuat.

Kata kunci: Alih-Fungsi-Lahan, Vegetasi, Kenyamanan-Termal, Regresi

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang cepat, dimana terjadi bersamaan dengan kemajuan di berbagai sektor seperti ekonomi, perumahan, pendidikan, dan kebudayaan, menandai dinamika perkotaan. Kota-kota telah berkembang menjadi pusat-pusat vital yang tidak hanya menopang aktivitas kreatif dan budaya, tetapi juga menjadi motor penggerak pertumbuhan ekonomi dan kemajuan sosial bagi manusia (Kontryana, Hasyim, & Leksono, 2021). Kemajuan dan daya tarik kota sebagai pusat ekonomi dan budaya seringkali menarik penduduk dari daerah pedesaan, menyebabkan percepatan urbanisasi dan ekspansi wilayah perkotaan serta industrialisasi. Fenomena ini, di satu sisi, membawa perkembangan yang signifikan dalam aspek ekonomi dan infrastruktur, tetapi di sisi lain, juga menimbulkan konsekuensi negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampak paling mencolok adalah penurunan kualitas lingkungan, khususnya akibat peningkatan suhu udara. Situasi ini menimbulkan berbagai tantangan, termasuk masalah kesehatan, konsumsi energi yang lebih tinggi, dan dampak negatif terhadap ekosistem lokal, yang semuanya memerlukan solusi dan strategi perencanaan kota yang lebih berkelanjutan (Zarzoso & Maruotti, 2011). Meningkatnya jumlah penduduk kota juga menyebabkan tekanan besar pada sumberdaya alam dan lingkungan kota. Salah satunya adalah maraknya terjadi alih fungsi lahan. Lahan-lahan yang mulanya ditumbuhi vegetasi kerap dikonversi menjadi ruang bermukim beserta sarana pendukung kegiatan di daerah perkotaan (Setyowati, 2008). Alih fungsi lahan di pusat-pusat kota sebagai pusat aktivitas penduduk menyebabkan kecenderungan suhu permukaannya menjadi lebih panas daripada pinggiran kota, fenomena ini dikenal dengan *Urban Heat Island* (UHI) yang merupakan salah satu faktor penting dalam pemanasan global dan peningkatan emisi gas rumah kaca (Alwi, et al., 2022).

Efek *Urban Heat Island* (UHI) membawa dampak signifikan pada berbagai aspek lingkungan dan sosial. Dampak-dampak ini mencakup perubahan iklim lokal, pengurangan vegetasi kota, peningkatan konsentrasi polutan dan penurunan kualitas udara dan air. UHI juga berpengaruh pada kesehatan manusia, daya dukung lingkungan dan ekonomi, serta kenyamanan termal. Selain itu, fenomena ini berkontribusi pada pemanasan global. Pertumbuhan perkotaan, yang sering kali didorong oleh industrialisasi, pembangunan infrastruktur seperti jalan dan bangunan dengan material berkapasitas termal tinggi, menciptakan permukaan yang tidak permeabel, mengurangi area hijau dan mengubah tutupan lahan. Hal ini mengakibatkan hilangnya efek penyejuk alami dan memperburuk kondisi UHI. Kegiatan perkotaan yang memodifikasi lingkungan alam ini menyebabkan UHI menjadi masalah yang semakin meluas dan mendesak untuk ditangani (Ahmed, 2018). Oleh karena itu, peran daerah perkotaan, yang terutama difungsikan sebagai pusat aktivitas penduduk, menjadi krusial dalam mempengaruhi tingkat kenyamanan termal di sebuah kota. Proses alih fungsi dari area vegetasi menjadi area terbangun, yang umum dijumpai di perkotaan, berkontribusi signifikan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal. Pemadatan area terbangun mengurangi ruang hijau, yang seharusnya berperan sebagai penyeimbang suhu dan penyerap polutan. Alih fungsi ini tidak hanya mengubah estetika dan fungsi ekologi kawasan perkotaan, tetapi juga berdampak langsung pada iklim mikro perkotaan, meningkatkan suhu udara, dan mengurangi kenyamanan termal bagi penduduk kota. Kondisi ini menegaskan pentingnya perencanaan perkotaan yang berkelanjutan dan pemeliharaan ruang hijau untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan kenyamanan hidup di kota.

Kota Cirebon di Provinsi Jawa Barat adalah contoh nyata dari fenomena urbanisasi yang berkembang pesat dan maraknya alih fungsi lahan. Sebagai bagian penting dari wilayah aglomerasi Rebana, Cirebon telah berkembang menjadi *core-region* atau kawasan inti. Peran strategis ini telah mendorong perkembangan berbagai aspek yang berkaitan dengan aktivitas penduduk di Cirebon, mengakibatkan perubahan signifikan dalam penggunaan lahan. Fenomena alih fungsi lahan ini terjadi tidak hanya di pusat kota tetapi juga di kawasan pinggiran kota, di mana area yang semula merupakan lahan vegetasi kini bertransformasi menjadi area permukiman, industri, pertanian, dan infrastruktur transportasi untuk mendukung kebutuhan penduduk yang terus meningkat. Dampak perubahan ini terlihat jelas pada dinamika suhu permukaan di Kota Cirebon. Data historis menunjukkan peningkatan suhu yang signifikan selama dua dekade terakhir. Misalnya, pada tahun 1998, suhu rata-rata di Cirebon adalah sekitar 20,19°C, yang kemudian meningkat menjadi 30,31°C pada tahun 2008, dan terus naik ke 30,37°C pada tahun 2018. Pola sebaran suhu ini menunjukkan bahwa kawasan *urban* Cirebon mengalami peningkatan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan *sub-urban*. Fakta bahwa lebih dari 70% wilayah kota memiliki suhu permukaan di atas 30°C setiap tahunnya adalah indikator jelas dari dampak urbanisasi dan alih fungsi lahan terhadap kondisi iklim lokal (Dede, Pamulatsih, & Widiawaty, 2019).

Fenomena perubahan iklim dan lingkungan di Kota Cirebon tidak hanya menandakan perkembangan infrastruktur dan ekonomi, tetapi juga menggarisbawahi tantangan-tantangan lingkungan yang perlu ditangani dalam upaya menciptakan pertumbuhan perkotaan yang berkelanjutan. Terjadi dinamika yang signifikan antara suhu permukaan dan distribusi vegetasi di kota, yang saling mempengaruhi satu sama lain. Dari studi yang dilakukan oleh Dede, Pamulatsih, dan Widiawaty pada tahun 2019, analisis menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) mengungkapkan perubahan dramatis dalam kerapatan vegetasi di Cirebon selama dua dekade. Pada tahun 2018, area dengan kerapatan vegetasi yang tinggi ($>0,40$ NDVI) hanya mencakup sekitar 0,2% dari keseluruhan luas kota, atau sekitar 0,077 km². Bandingkan dengan 20 tahun sebelumnya, pada tahun 1998, di mana kerapatan vegetasi mencapai 31,9% dari luas kota, atau sekitar 12,76 km². Penurunan drastis ini menunjukkan pengurangan yang signifikan dalam area hijau di Kota Cirebon, yang berdampak langsung pada kenyamanan termal dan kualitas lingkungan perkotaan. Kehilangan vegetasi ini tidak hanya mempengaruhi estetika dan biodiversitas, tetapi juga fungsinya sebagai penyerap karbon dan pengatur suhu, yang penting untuk menanggulangi efek pulau panas perkotaan dan meningkatkan kualitas hidup penduduk kota.

Dalam perencanaan kota di Indonesia, zonasi yang mengatur distribusi vegetasi, baik untuk kegunaan publik maupun privat, dituangkan dalam zona Ruang Terbuka Hijau (RTH). Sesuai dengan Peraturan Menteri ATR-KBPN No. 14 Tahun 2022 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau, RTH tidak hanya berfungsi sebagai elemen estetika dan rekreasi, tetapi juga memiliki peran multifungsi yang meliputi aspek ekologis, resapan air, ekonomi, sosial-budaya, dan penanggulangan bencana (Mawardah & Mutfianti, 2013). Kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cirebon, berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup tahun 2022, mencatat bahwa RTH hanya mencakup 12,06% dari total area kota. Distribusi RTH ini didominasi oleh lahan perkebunan campuran. Angka ini masih jauh di bawah ketentuan minimal yang ditetapkan, yaitu 20% RTH Publik di sebuah kota. Karena tidak memenuhi persyaratan minimal ini, RTH di Kota Cirebon tidak dapat berfungsi secara optimal, khususnya dalam aspek ekologisnya sebagai paru-

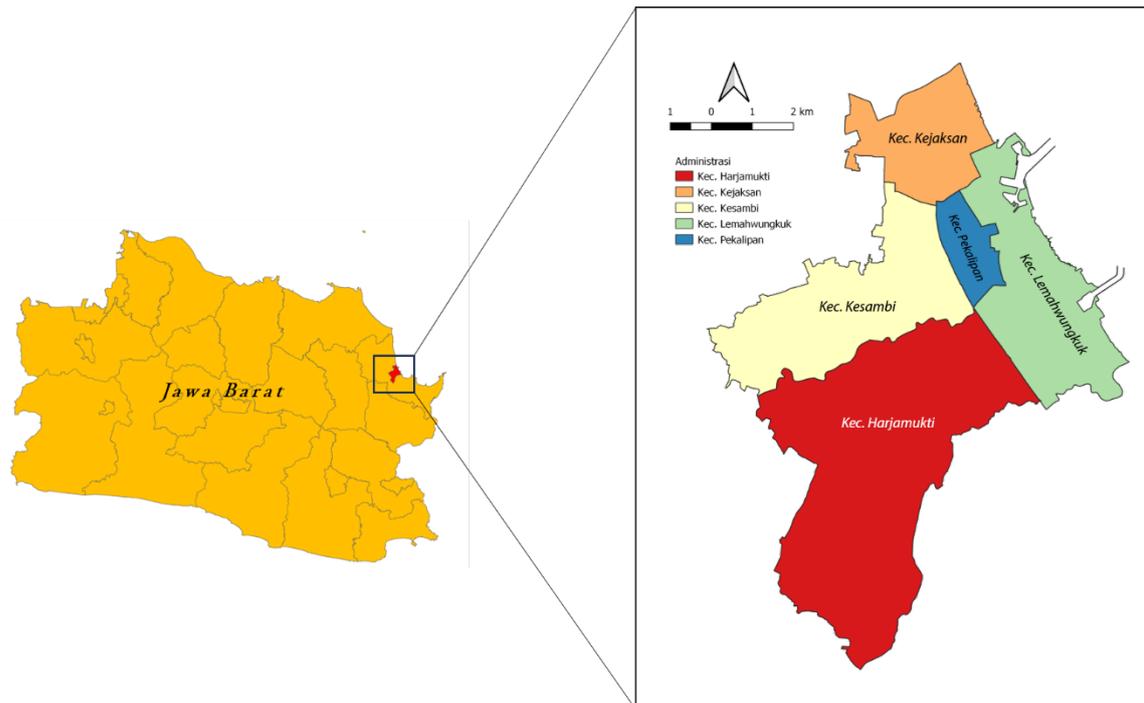
paru kota dan dalam menyerap karbon untuk menciptakan kenyamanan termal yang lebih baik.

Kenyamanan termal dalam konteks perkotaan ini sangat bergantung pada kondisi suhu permukaan. Peningkatan suhu permukaan yang berarti menjadi lebih panas, cenderung membuat kenyamanan termal di wilayah tersebut menurun, masuk ke dalam kategori tidak nyaman. Ini berkaitan erat dengan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), yang membawa dampak lingkungan lebih lanjut. Fenomena UHI ini merupakan bagian dari sistem iklim bumi yang saling terhubung, di mana perubahan pada satu aspek dapat memicu perubahan pada aspek lain, serupa dengan efek domino. Di Kota Cirebon, berbagai kondisi, termasuk alih fungsi lahan yang disebabkan oleh perkembangan perkotaan, telah memberikan dampak yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan teknik penginderaan jauh sebagai metode utama untuk mengeksplorasi pengaruh antara RTH terhadap tingkat kenyamanan termal. Melalui identifikasi dinamika perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan secara *time-series*, penelitian ini bertujuan untuk memahami perkembangan dan pengaruhnya terhadap tingkat kenyamanan termal di Kota Cirebon, yang pada akhirnya dapat memberikan wawasan untuk perencanaan perkotaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Wilayah Studi

Wilayah studi penelitian ini berfokus pada Kota Cirebon, sebuah kota penting di Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Kota Cirebon memiliki karakteristik unik sebagai kota yang mengalami perkembangan cepat, baik dari segi infrastruktur maupun sosial-ekonomi, yang secara langsung mempengaruhi dinamika lingkungan dan perkotaannya. Geografisnya, Kota Cirebon terletak di pesisir utara Jawa Barat, yang membuatnya memiliki iklim tropis dengan pengaruh angin laut. Hal ini memberikan karakteristik iklim yang spesifik, termasuk kelembaban tinggi dan variasi suhu yang relatif stabil. Namun, pertumbuhan kota yang cepat telah menyebabkan perubahan signifikan pada lanskapnya, terutama karena alih fungsi lahan dari area hijau menjadi area terbangun dan industri. Terkait dengan permasalahan lingkungan, khususnya fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dan kenyamanan termal, penelitian ini menyoroti perubahan iklim mikro yang terjadi di Cirebon. Keterbatasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di kota ini, yang tidak memenuhi standar nasional, menimbulkan tantangan dalam mempertahankan keseimbangan ekologis dan kenyamanan termal bagi penduduknya. Fakta bahwa kawasan ini telah mengalami peningkatan suhu permukaan secara signifikan selama beberapa dekade terakhir menunjukkan dampak langsung dari perkembangan urban. Dengan mempertimbangkan semua aspek ini, Kota Cirebon menjadi wilayah studi yang menarik dan relevan untuk mengeksplorasi hubungan antara perkembangan urban, alih fungsi lahan, dan kenyamanan termal, serta untuk mengusulkan solusi yang dapat membantu dalam pengelolaan perkotaan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan..



Gambar 1. Orientasi Wilayah Kota Cirebon
Sumber : Ina Geoportal, Diolah 2022

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan beragam sumber data yang penting untuk analisis kondisi lingkungan dan perkembangan urban di Kota Cirebon. Setiap jenis data membantu dalam membangun pemahaman yang komprehensif tentang dinamika wilayah dan dampaknya terhadap lingkungan. Batas Administrasi diperoleh dari Badan Informasi Geospasial. Data ini penting untuk menentukan lingkup geografis penelitian. Citra Satelit Tahun 2013, 2017, 2021 diperoleh dari Landsat 8. Citra satelit ini merupakan komponen kunci untuk memahami perubahan lingkungan dan perkembangan wilayah Kota Cirebon. Tingkat Kelembaban Udara yang diperoleh dari BMKG. Data ini sangat penting untuk analisis kenyamanan termal dan studi iklim mikro di Kota Cirebon. Kelembaban udara memiliki pengaruh besar terhadap persepsi kenyamanan termal oleh penduduk dan juga berperan dalam fenomena *Urban Heat Island*. Kombinasi data batas administrasi, citra satelit multitemporal, dan data kelembaban udara ini memberikan kerangka kerja yang kuat untuk penelitian.. Informasi rinci mengenai dataset penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

Data	Sumber	Keterangan
Batas administrasi	Ina Geoportal BIG	<ul style="list-style-type: none"> Batas administrasi level 3 (Kecamatan) Data diakses 26 Agustus 2022, diunduh pada https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web
Citra Satelit	Landsat 8	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 2013, 2017, dan 2021 Data diakses 2 September 2022, diunduh pada https://earthexplorer.usgs.gov/
Kelembaban Udara	BMKG	<ul style="list-style-type: none"> Tahun 2013, 2017, dan 2021 Data diakses 1 September 2022, diunduh pada https://dataonline.bmkg.go.id/

Sumber : Analisis Penulis, 2022

2.3 Variabel Penelitian

Tahap awal, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cirebon, dengan menganalisis kondisi eksisting berdasarkan tutupan lahan. Analisis ini melibatkan pemetaan dan evaluasi dari berbagai jenis tutupan lahan seperti badan air, lahan terbangun, lahan terbuka, vegetasi sehat, dan vegetasi tidak sehat.

Selanjutnya, penelitian juga berfokus pada identifikasi tingkat kenyamanan termal di Kota Cirebon menggunakan metode Indeks Kelembaban Suhu (THI). Melalui analisis suhu udara dan kelembapan udara relatif, penelitian ini bertujuan untuk menilai seberapa nyaman kondisi lingkungan hidup di Cirebon dari perspektif termal. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji hubungan antara ketersediaan RTH dengan tingkat kenyamanan termal. Analisis ini akan membantu mengungkapkan bagaimana ketersediaan dan kualitas RTH mempengaruhi kondisi iklim mikro di kota, serta potensinya dalam mengurangi efek *Urban Heat Island* dan meningkatkan kenyamanan termal bagi penduduk kota. Dalam bentuk tabel, tujuan dan variabel penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variabel Penelitian

Tujuan	Variabel
Mengidentifikasi Ketersediaan RTH di Kota Cirebon berdasarkan kondisi eksisting	Tutupan lahan: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Badan Air; ▪ Lahan Terbangun; ▪ Lahan Terbuka; ▪ Vegetasi Sehat; ▪ Vegetasi Tidak Sehat.
Mengidentifikasi tingkat kenyamanan termal di Kota Cirebon berdasarkan metode THI	THI: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Suhu Udara; ▪ Kelembapan Udara Relatif.
Mengkaji pengaruh antara ketersediaan RTH dengan tingkat kenyamanan termal di Kota Cirebon	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indeks THI ▪ Tutupan lahan

Sumber : Analisis Penulis, 2022

2.4 Analisis NDVI

NDVI adalah indeks paling umum yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk menghitung tingkat kualitas vegetasi dengan mengukur perbedaan antara *band red* (yang diserap vegetasi) dan *band near-infrared* (yang dipantulkan oleh vegetasi) (Kontryana, Hasyim, & Leksono, 2021). Nilai NDVI memiliki rentang nilai berkisar -1 hingga 1, namun tidak ada ketentuan yang absolut untuk setiap jenis tutupan lahan pada nilai NDVI. Sebagai estimasi, ketika hasil indeks vegetasi memperoleh nilai negatif, kemungkinan besar adalah air, namun jika mendekati 1, kemungkinan besar adalah daun hijau lebat. Di sisi lain, jika NDVI mendekati nol, kemungkinan besar tidak ada daun hijau atau bisa jadi lahan terbangun.

Tabel 3. Klasifikasi NDVI

Nilai	Kelas NDVI	Indikasi
-1 s/d -0,32	Non Vegetasi	Bukan Vegetasi
-0,31 s/d 0,32	Vegetasi Tidak Rapat	Bukan Vegetasi / Vegetasi Tidak Sehat
0,33 s/d 0,55	Vegetasi Cukup Rapat	Vegetasi Sehat
0,55 s/d 0,78	Vegetasi Rapat	
0,78 s/d 1	Vegetasi Sangat Rapat	Vegetasi Sangat Sehat

Sumber : (Aftriana, Parman, & Sanjoto, 2013) & *Forestry Platform*, 2017

2.5 Analisis Klasifikasi Terbimbing (*Maximum Likelihood*)

Klasifikasi terbimbing atau dikenal dengan *Supervised classification* adalah pengolahan citra dengan cara pengambilan beberapa sampel piksel atau *region of interest* untuk memperoleh karakteristik piksel masing-masing obyek atau kelas yang kemudian dikelompokkan berdasarkan karakteristik nilai piksel tersebut (Utami, Prasetyo, & Sukmono, 2016). Metode klasifikasi *Maximum Likelihood* merupakan metode klasifikasi parametrik terpopuler khususnya dalam klasifikasi penutup penggunaan lahan dengan data penginderaan jauh. Klasifikasi digital dengan metode *maximum likelihood* membutuhkan *training data* untuk menentukan jumlah kelas, menghitung fungsi sebaran, serta menentukan peluang kejadian tiap kelas tutupan lahan yang dapat diperoleh.

2.6 Analisis Suhu Permukaan

Suhu Permukaan atau dikenal dengan *Land Surface Temperature* adalah penentu dasar perilaku termal terestrial yang mengontrol suhu pancaran efektif permukaan bumi. Suhu permukaan merupakan indikator penting bagi perubahan iklim, bahkan melampaui itu, juga menjadi indikator bagi redistribusi energi pada permukaan tanah atmosfer, pemantauan kekeringan, perubahan tutupan lahan, dampak *Urban Heat Island*, studi epidemiologi, dan sebagainya (Adeniran, Zhu, Yang, Zhu, & Wong, 2022). Ekstraksi data suhu permukaan pada Landsat 8 menggunakan pita termal (band 10), yang perhitungannya diturunkan dari radiansi spektral TOA (*Top of Atmospheric*), suhu kecerahan, NDVI, proporsi vegetasi, dan nilai emisivitas (Alshaikh, 2015).

2.7 Analisis THI

Temperature Humidity Index merupakan suatu indeks atau metode yang berkaitan dengan tingkat kenyamanan termal dimana pengukurannya ialah kombinasi antara data suhu udara dan kelembapan udara relatif (RH) di suatu daerah. Data suhu udara dapat diestimasi menggunakan data citra satelit Landsat. Sedangkan dalam menentukan nilai RH, dibutuhkan data suhu titik embun (Td) dari stasiun Klimatologi terdekat (Andani, Sasmito, & Hani'ah, 2018). Wilayah dengan iklim tropis memiliki selang batas THI dengan rentang 21 °C – 26 °C. Berdasarkan teori tersebut, daerah yang memiliki nilai THI lebih dari 26 °C termasuk kategori tidak nyaman untuk populasi manusia di dalamnya (Emmanuel, 2005). Adapun perhitungan THI pada penelitian ini mengacu pada perhitungan (Nieuwolt, 1977):

$$THI = 0.8 T_a + \frac{RH \times T_a}{500}$$

Keterangan:

THI = *Temperature Humidity Index*

T_a = Suhu Udara (°C)

RH = Kelembapan Udara Relatif (%)

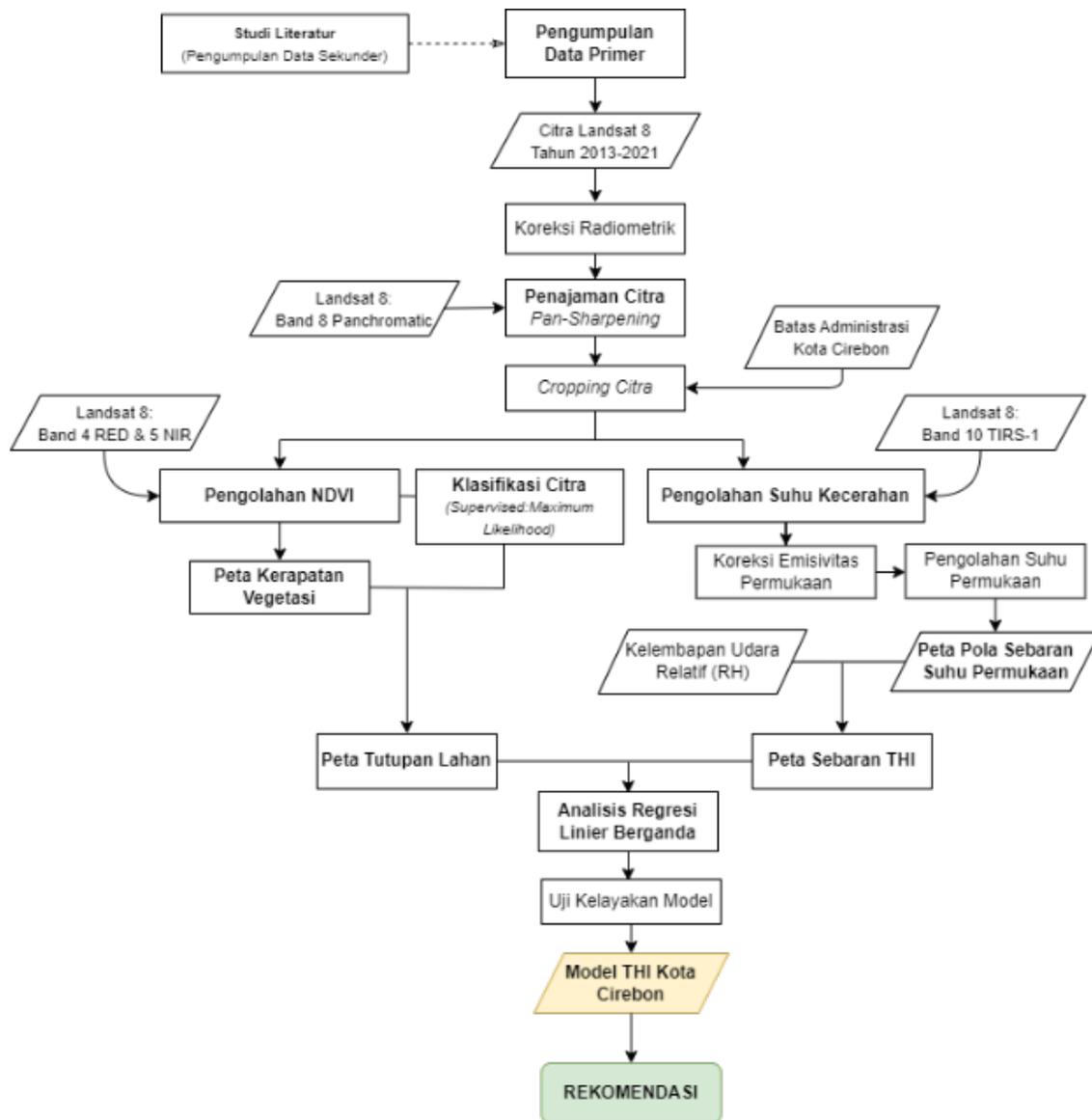
2.8 Analisis Regresi Linier Berganda

Untuk menjawab tujuan akhir pada penelitian ini, analisis regresi linier berganda digunakan untuk menguji pengaruh antara kelima variabel bebas (badan air, lahan terbangun, lahan terbuka, vegetasi sehat, vegetasi tidak sehat) dan variabel terikat yaitu nilai THI rata-rata dengan hasil berupa model THI Kota Cirebon. Jumlah sampel diperoleh dari unit grid yang ditentukan berdasarkan formula (Green, 2021) yaitu minimal 90 data.

Unit grid yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 104 grid berukuran 750 m x 750 m. Untuk memperoleh model, data regresi harus memenuhi uji asumsi klasik, uji simultan, uji parsial, dan uji koefisien determinasi.

2.9 Kerangka Penelitian

Secara detail alur penelitian ini dijelaskan pada Gambar 2.



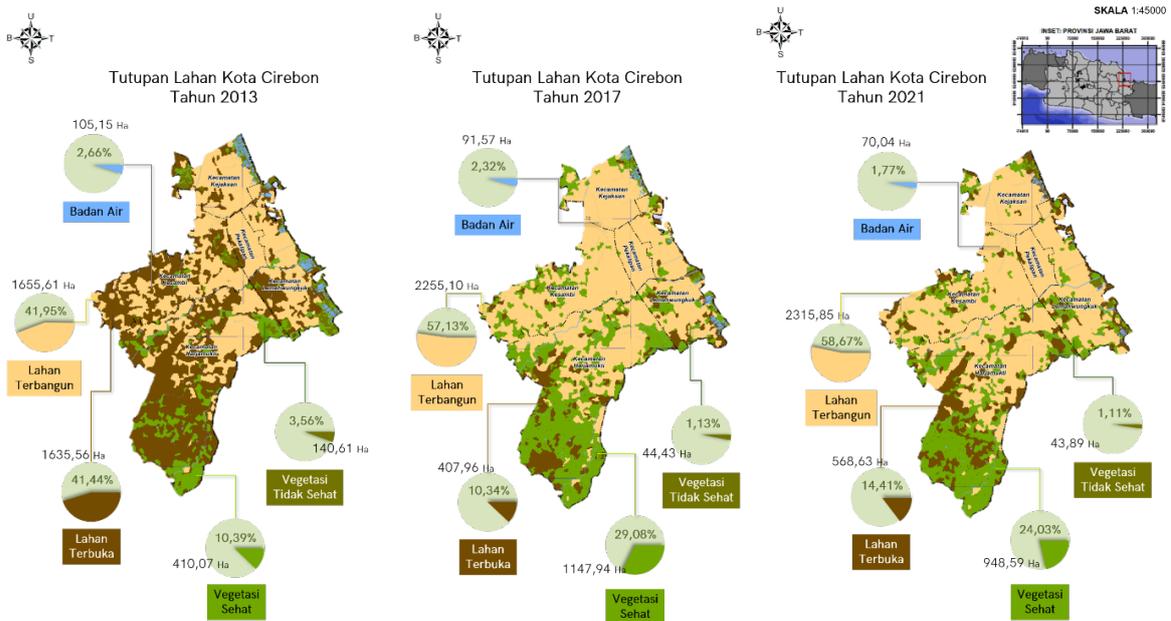
Gambar 2. Kerangka Penelitian
Sumber : Hasil Analisis, 2023

3. Pembahasan

3.1 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan didasarkan pada analisis klasifikasi terbimbing dengan algoritma maximum likelihood yang menghasilkan distribusi berupa badan air, lahan terbangun, lahan terbuka, dan vegetasi. Kemudian variabel vegetasi diklasifikasikan lagi menjadi vegetasi sehat dan tidak sehat berdasarkan pengolahan analisis NDVI. Hasil

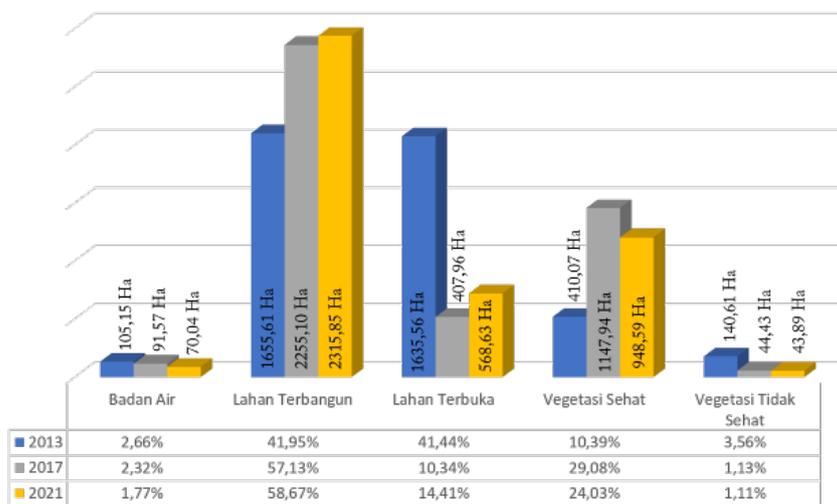
klasifikasi tutupan lahan Kota Cirebon tahun 2013, 2017, dan 2021 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Distribusi Tutupan Lahan Kota Cirebon Tahun 2013, 2017, dan 2021
 Sumber : Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan sebaran pada Gambar 3, dinamika perubahan tutupan lahan Kota Cirebon lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

Perbandingan Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Cirebon
 Tahun 2013, 2017, dan 2021



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tutupan Lahan
 Sumber : Hasil Analisis, 2023

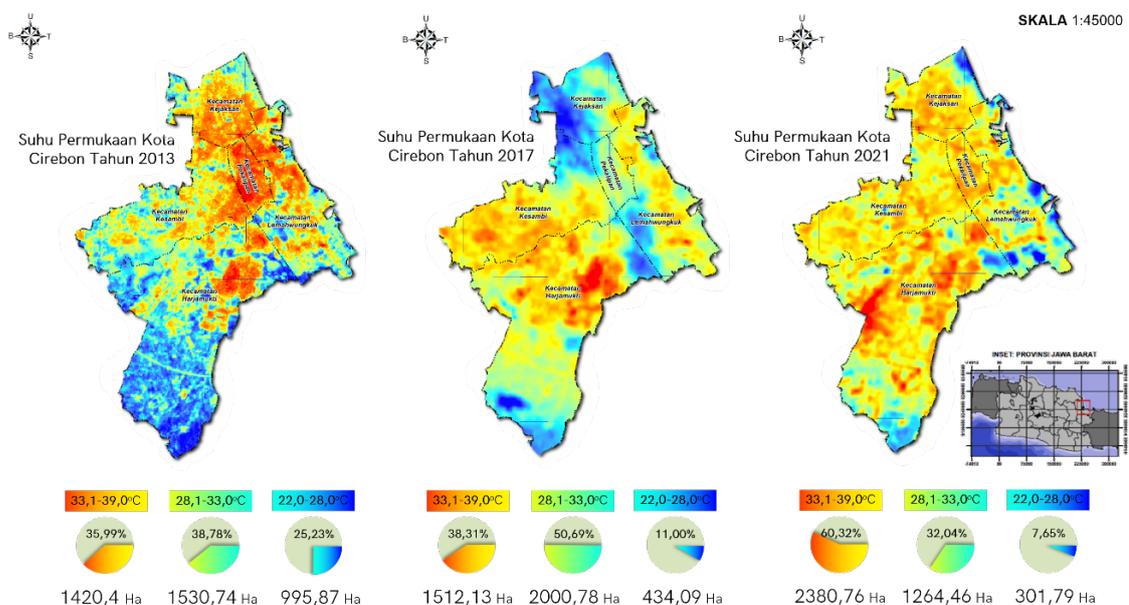
Grafik pada Gambar 4 menggambarkan perubahan tutupan lahan di Kota Cirebon dari tahun 2013 hingga 2021. Antara tahun 2013 dan 2017, terjadi penurunan di kelas badan air, lahan terbuka, dan vegetasi tidak sehat. Badan air turun dari 2,66% menjadi 2,32%,

lahan terbuka turun drastis dari 41,39% menjadi 10,23%, dan vegetasi tidak sehat turun dari 3,56% menjadi 1,12%. Di sisi lain, kelas lahan terbangun meningkat dari 42,01% menjadi 57,18%, dan vegetasi sehat meningkat dari 10,38% menjadi 29,05%, walaupun peningkatan ini didominasi oleh vegetasi jarang, dengan vegetasi rapat hanya meningkat sedikit. Ini menunjukkan bahwa antara tahun 2013 dan 2017 terjadi pembangunan yang mengubah lahan terbuka dan badan air menjadi lahan terbangun dan vegetasi, dengan perhatian pada kondisi vegetasi.

Namun, antara tahun 2017 dan 2021, terjadi penurunan di kelas badan air dari 2,32% menjadi 1,77% dan vegetasi sehat dari 29,05% menjadi 24,01%. Sementara itu, lahan terbangun meningkat dari 57,18% menjadi 58,72%, dan lahan terbuka meningkat dari 10,23% menjadi 14,39%. Ini mengindikasikan meningkatnya pembangunan di Kota Cirebon yang menyebabkan penurunan kelas tutupan lahan yang mendukung kenyamanan termal. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa dari tahun 2013 hingga 2021 terjadi perubahan dinamis dalam tutupan lahan di Kota Cirebon, dengan alih fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbuka atau terbangun, mengancam keberlangsungan RTH yang eksisting dan kepatuhan terhadap kebijakan alokasi RTH publik minimal 20% dari luas kota.

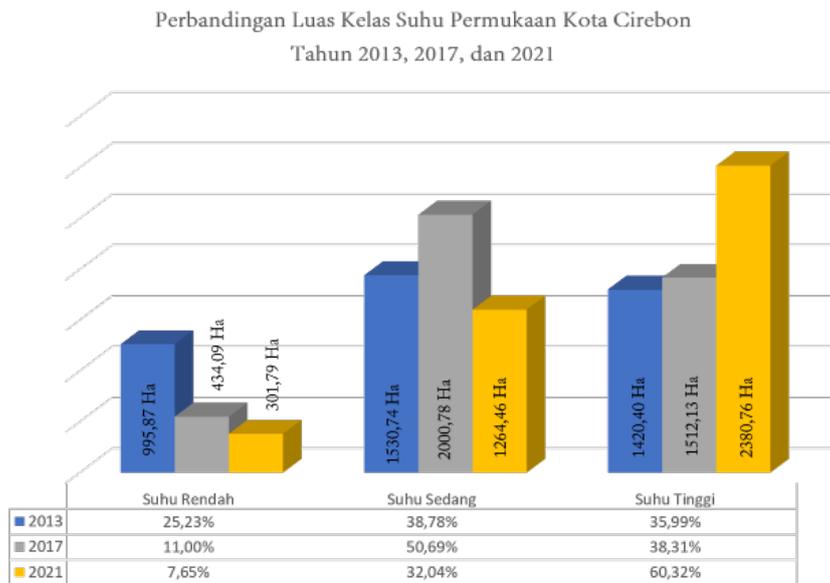
3.2 Persebaran Suhu Permukaan

Dinamika suhu permukaan dalam kurun waktu tertentu dapat diperoleh dari pengolahan citra Landsat multitemporal dengan mengolah band 10. Pada penelitian ini, data yang digunakan yaitu Landsat 8 OLI/TIRS Kota Cirebon Tahun 2013, 2017, dan 2021. Berdasarkan hasil analisis persebaran suhu permukaan di Kota Cirebon, pada tahun 2013 rentang suhu permukaan yaitu 22°C hingga 39°C, sementara pada tahun 2017 yaitu 23°C hingga 35°C, kemudian pada tahun 2021 yaitu 24°C hingga 39°C. Rentang nilai tersebut dapat dibagi menjadi 3 kelas yaitu rendah (22,0°C – 28,0°C), sedang (28,1°C – 33,0°C), tinggi (33,1°C – 39,0°C). Sebaran suhu permukaan Kota Cirebon tahun 2013, 2017, dan 2021 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Distribusi Suhu Permukaan Kota Cirebon Tahun 2013, 2017, dan 2021
 Sumber : Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan sebaran pada Gambar 5, dinamika perubahan suhu permukaan Kota Cirebon lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Suhu Permukaan

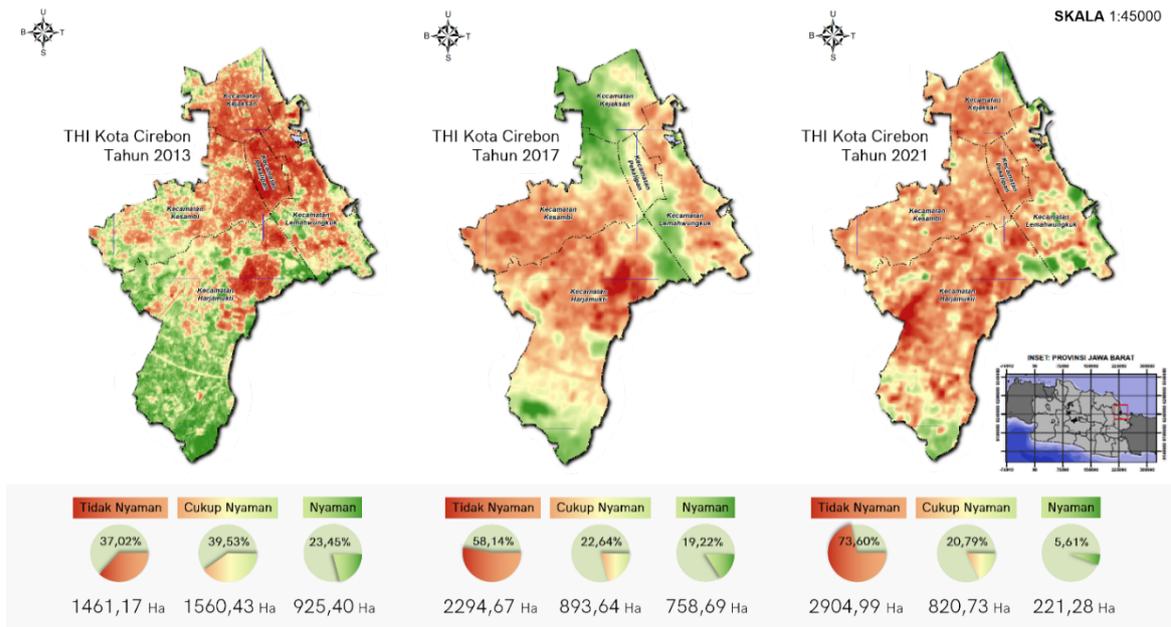
Sumber : Hasil Analisis, 2023

Grafik pada Gambar 6 dari penelitian menunjukkan perubahan suhu permukaan di Kota Cirebon dari tahun 2013 hingga 2021, dengan fokus pada kelas suhu rendah, sedang, dan tinggi. Terdapat penurunan yang signifikan pada wilayah dengan kelas suhu rendah ($22,0^{\circ}\text{C} - 28,0^{\circ}\text{C}$) selama periode ini. Antara tahun 2013 dan 2017, wilayah dengan suhu rendah menurun sebesar 14,27% atau 563,91 Ha dari total luas Kota Cirebon. Selanjutnya, dari 2017 hingga 2021, wilayah ini kembali menurun sebesar 3,35% atau 132,29 Ha. Penurunan ini dikaitkan dengan penurunan luas tutupan lahan badan air dan lahan terbuka pada periode 2013 – 2017 dan penurunan vegetasi pada periode 2017 – 2021, serta peningkatan yang signifikan pada lahan terbangun. Fenomena ini menunjukkan bahwa penurunan vegetasi dan badan air memberikan pengaruh negatif terhadap suhu permukaan, dengan meningkatkan suhu di kota.

Di sisi lain, terdapat peningkatan luas wilayah pada kelas suhu sedang sebesar 12,24% atau 473,11 Ha dari 2013 hingga 2017, dan peningkatan pada kelas suhu tinggi sebesar 22,06% atau 871,67 Ha dari 2017 hingga 2021. Peningkatan pada kedua kelas suhu ini terjadi seiring dengan peningkatan luas lahan terbangun. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perubahan tutupan lahan, khususnya dari badan air dan vegetasi menjadi lahan terbangun, memiliki dampak langsung terhadap peningkatan suhu permukaan di Kota Cirebon selama delapan tahun terakhir. Perubahan ini menandakan bahwa perkembangan urban dan alih fungsi lahan di Cirebon telah berkontribusi pada perubahan iklim mikro di wilayah tersebut.

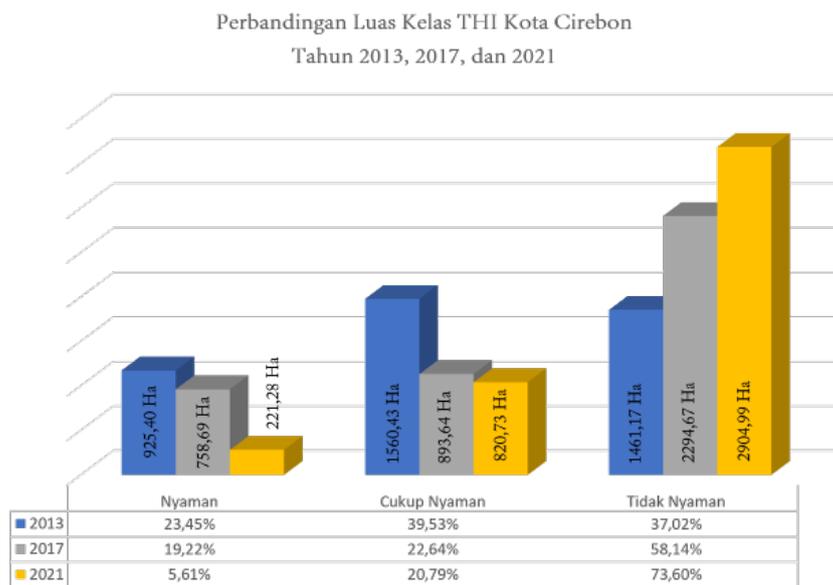
3.3 Persebaran THI

Berdasarkan overlay dari peta pada Gambar 3 dan 5, diperoleh sebaran THI Kota Cirebon pada tahun 2013, 2017, dan 2021 berikut.



Gambar 7. Peta Distribusi Kenyamanan Termal Kota Cirebon Tahun 2013, 2017, dan 2021
 Sumber : Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan sebaran pada Gambar 7, dinamika perubahan kenyamanan termal Kota Cirebon lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik Perbandingan THI
 Sumber : Hasil Analisis, 2023

Grafik pada Gambar 8 dari penelitian ini menunjukkan perubahan dalam kelas Indeks Kelembaban Suhu (THI) di Kota Cirebon dari tahun 2013 hingga 2021, menggambarkan pergeseran kondisi kenyamanan termal di kota tersebut. Terdapat penurunan luas area untuk kelas THI yang nyaman dan cukup nyaman, sementara kelas THI yang tidak nyaman menunjukkan tren peningkatan. Dalam periode 2013 – 2017, wilayah dengan THI nyaman mengalami penurunan sebesar 4,14% (163,57 Ha), yang

kemudian turun lebih jauh lagi sebesar 13,71% (542,04 Ha) pada periode 2017 – 2021. Demikian pula, wilayah dengan THI cukup nyaman mengalami penurunan yang signifikan, dengan penurunan 10,85% (665,81 Ha) pada periode 2013 – 2017, diikuti oleh penurunan 1,83% (72,38 Ha) pada periode 2017 – 2021. Paralel dengan penurunan di kelas THI nyaman dan cukup nyaman, wilayah dengan THI tidak nyaman mengalami peningkatan yang signifikan. Pada periode 2013 – 2017, peningkatan ini adalah sebesar 20,99% (829,38 Ha) dan pada periode 2017 – 2021, peningkatannya adalah 15,55% (614,42 Ha). Dinamika perubahan kelas THI ini terkait erat dengan peningkatan luas tutupan lahan terbangun di Kota Cirebon, yang terjadi akibat alih fungsi dari tutupan vegetasi atau badan air.

Kesimpulannya, alih fungsi tutupan vegetasi dan badan air menjadi lahan terbangun di Kota Cirebon telah berdampak besar pada penurunan wilayah dengan THI nyaman dan cukup nyaman serta peningkatan wilayah dengan THI tidak nyaman selama periode delapan tahun (2013 – 2021). Hasil ini, yang diamati setiap empat tahun dalam penelitian, menunjukkan perubahan signifikan dalam kenyamanan termal di kota akibat perubahan penggunaan lahan.

3.4 Model THI Kota Cirebon

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda yang telah dilakukan, diperoleh model matematis untuk Indeks Kelembaban Suhu (THI) Kota Cirebon. Model ini menggambarkan hubungan antara variabel-variabel independen tertentu dengan THI sebagai variabel dependen. Dalam model ini, THI di Kota Cirebon diestimasi berdasarkan kombinasi berbagai faktor seperti lahan terbangun, vegetasi sehat, vegetasi tidak sehat, badan air, dan lahan terbuka. Masing-masing dari variabel ini dikontribusikan dengan bobot tertentu yang menunjukkan pengaruhnya terhadap nilai THI, mencerminkan bagaimana perubahan dalam setiap variabel ini mempengaruhi tingkat kenyamanan termal di kota. Model THI Kota Cirebon dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Model THI Kota Cirebon

	Model THI Kota Cirebon	R ²
2013	$Y = 1,667 + 0,32X_2 - 0,39X_4 + 0,76X_5$	82,2%
2017	$Y = 0,915 + 0,556X_2 - 0,177X_4$	81,4%
2021	$Y = 3,296 + 0,035X_2 - 0,357X_4$	73,6%

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Keterangan:

- Y = THI rata-rata;
- X₂ = Lahan Terbangun;
- X₄ = Vegetasi Sehat;
- X₅ = Vegetasi Tidak Sehat.

Penelitian ini mengungkap bahwa kelas THI nyaman dan cukup nyaman mengalami penurunan, sementara kelas THI tidak nyaman terus meningkat. Dari 2013 hingga 2017, area dengan THI nyaman menurun sebesar 4,14% kemudian turun lebih lanjut sebesar 13,71% dari 2017 hingga 2021. Kelas THI cukup nyaman juga mengalami penurunan yang signifikan, turun 10,85% dari 2013 hingga 2017, dan lagi 1,83% dari 2017 hingga 2021. Sebaliknya, kelas THI tidak nyaman meningkat 20,99% dari 2013 hingga 2017, dan 15,55% dari 2017 hingga 2021.

Perubahan ini berkaitan erat dengan peningkatan tutupan lahan terbangun dan penurunan vegetasi atau badan air. Analisis model THI menunjukkan pengaruh variabel lahan terbangun (positif) dan vegetasi sehat (negatif) terhadap nilai THI, dengan lahan terbangun meningkatkan nilai THI dan vegetasi sehat menurunkannya. Peningkatan luas lahan terbangun dan penurunan vegetasi sehat terjadi di beberapa kecamatan penting

seperti Harjamukti dan Kesambi. Perubahan ini mengindikasikan bahwa pembangunan dan alih fungsi lahan dari vegetasi atau badan air menjadi lahan terbangun berdampak pada peningkatan suhu permukaan dan penurunan kenyamanan termal di Kota Cirebon.

Ketiga model THI menunjukkan bahwa aktivitas pembangunan dan pengurangan lahan vegetasi di Kota Cirebon berpotensi meningkatkan suhu permukaan dan menyebabkan ketidaknyamanan termal, serta berdampak pada perubahan iklim mikro. Hal ini menyoroti kebutuhan mendesak akan pengendalian guna lahan dan prioritas pada pengembangan RTH untuk memastikan keseimbangan ekologis dan kenyamanan termal di kota. Penelitian ini menunjukkan pentingnya peran pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat dalam mengelola pembangunan dan pelestarian lingkungan di Kota Cirebon.

4. Simpulan

Dinamika vegetasi dan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Cirebon, dalam kurun waktu delapan tahun (2013-2021), mengalami fluktuasi dalam persentase luas area vegetasi. Awalnya, terjadi peningkatan area vegetasi dari tahun 2013 ke 2017, namun kemudian mengalami penurunan pada tahun 2021. Kecamatan Harjamukti mendominasi dalam hal luasan vegetasi sehat, terutama dengan lahan perkebunan campuran, sedangkan vegetasi tidak sehat lebih banyak di kecamatan pesisir seperti Lemahwungkuk dan Kejaksan. RTH publik Kota Cirebon, yang luasnya hanya mencapai 12,06% dari total wilayah, masih belum memenuhi ketentuan alokasi minimal 20% sesuai Peraturan Menteri ATR-KBPN No. 14 Tahun 2022. Dari aspek tingkat kenyamanan termal berdasarkan indeks THI, Kota Cirebon hanya mengalami kondisi nyaman berdasarkan THI pada tahun 2013, dengan situasi berubah menjadi tidak nyaman pada tahun 2017 dan 2021. Penurunan kenyamanan termal ini terjadi secara signifikan, dengan area tidak nyaman meningkat dari 37,03% pada tahun 2013 menjadi 73,57% pada tahun 2021. Kecamatan Harjamukti dan Pekalipan khususnya, mengalami perubahan besar dalam klasifikasi THI, yang dipengaruhi oleh pembangunan dan peningkatan aktivitas penduduk. Analisis pengaruh tutupan lahan terhadap indeks kenyamanan termal menunjukkan bahwa lahan terbangun dan vegetasi sehat secara simultan berpengaruh terhadap THI di Kota Cirebon. Lahan terbangun cenderung meningkatkan indeks (menurunkan kenyamanan), sementara vegetasi sehat menurunkan indeks (meningkatkan kenyamanan). Pembangunan yang terus merambah ke pinggiran kota telah menyebabkan penyebaran area dengan klasifikasi THI tidak nyaman.

Berdasarkan analisis ini, menjadi jelas bahwa perencanaan dan pengelolaan perkotaan yang berkelanjutan dan responsif terhadap lingkungan sangat diperlukan di Kota Cirebon. Hal ini termasuk penerapan strategi untuk meningkatkan luas area vegetasi dan RTH, serta pengendalian pembangunan untuk menjaga keseimbangan ekologis dan memastikan tingkat kenyamanan termal yang optimal bagi penduduknya.

Penelitian lanjutan secara lebih mendalam dapat dilanjutkan untuk memahami dan mengatasi tantangan lingkungan dan perkotaan. Salah satu area penelitian yang penting adalah analisis dampak sosial-ekonomi dari perubahan tutupan lahan, termasuk pengaruhnya terhadap kesejahteraan masyarakat, kegiatan ekonomi, dan layanan ekosistem. Selain itu, penelitian tentang strategi pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) berkelanjutan dan efektif di Kota Cirebon sangat diperlukan. Ini mencakup eksplorasi terhadap penggunaan teknologi hijau dan solusi berbasis alam untuk mengurangi efek *Urban Heat Island* dan meningkatkan kenyamanan termal, serta penerapan model prediksi THI yang memperhitungkan skenario perubahan iklim dan pertumbuhan perkotaan masa depan. Di sisi lain, penting juga untuk mengevaluasi kebijakan dan regulasi yang berlaku terkait RTH dan perubahan tutupan lahan. Analisis

kebijakan ini akan membantu menilai efektivitas aturan saat ini dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan kebijakan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kebutuhan lingkungan dan masyarakat. Kajian ini dapat diintegrasikan dengan studi tentang penggunaan lahan vertikal dan *green roof* serta penerapan teknologi cerdas dalam perencanaan perkotaan. Melalui pendekatan multidisiplin ini, penelitian lanjutan akan memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengembangan Kota Cirebon sebagai kota yang berkelanjutan, sehat, dan ramah lingkungan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Civitas Akademika Program Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Brawijaya serta rekan-rekan Sagamartha yang telah memberikan bimbingan dan masukan terhadap penyelesaian Jurnal ini. Harapannya, Jurnal ini dapat menjadi kontribusi berharga yang membuka perspektif baru dalam menghadapi tantangan serius yang dihadapi oleh masyarakat global, khususnya dalam menghadapi ancaman perubahan iklim pada masa kini dan masa yang akan datang.

6. Daftar Pustaka

- Adeniran, I. A., Zhu, R., Yang, J., Zhu, X., & Wong, M. S. (2022). Cross-Comparison between Sun-Synchronized and Geostationary Satellite-Derived Land Surface Temperature: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sens*.
- Aftriana, C. V., Parman, S., & Sanjoto, T. B. (2013). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh. *Geo Image* 2, 4.
- Ahmed, S. (2018). Assesment of Urban Heat Island and Impact of Climate Change on Socioeconomic over Suez Governate using Remote Sensing and GIS Techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 21, 15-25.
- Alshaikh, A. (2015). Vegetation Cover Density and Land Surface Temperature Interrelationship Using Satellite Data, Case Study of Wadi Bisha, South KSA. *Scientific Research Publishing*, 248-262.
- Alwi, L. O., Gandri, L., Hidayat, H., Tuwu, E. R., Irawati, Bana, S., . . . Indriyani, L. (2022). Analisis Spasial Fenomena Urban Heat Island Kota Kendari Menggunakan Algoritma Land Surface Temperature. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 109-118.
- Andani, N. D., Sasmito, B., & Hani'ah. (2018). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Fenomena Urban Heat Island dan Keterkaitannya dengan THI di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 58.
- Dede, M., Pamulatsih, G. P., & Widiawaty, M. A. (2019). DINAMIKA SUHU PERMUKAAN DAN KERAPATAN VEGETASI DI KOTA CIREBON. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Vol. 6 No. 1*, 23-30.
- Emmanuel, R. (2005). Thermal Comfort Implications of Urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR). *Building and Environment*, 1591-1601.
- Kontryana, A., Hasyim, A. W., & Leksono, A. S. (2021). Identifikasi Pertumbuhan UHI secara Spasial-Temporal di Kota Palangkaraya Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG. *Serambi Engineering*, 1529-1541.
- Kontryana, A., Hasyim, A. W., & Leksono, A. S. (2021). Identifikasi Pertumbuhan Urban Heat Island secara Spasial-Temporal di Kota Palangka Raya Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Serambi Engineering*, 1529-1541.

- Mawardah, L., & Mutfianti, R. D. (2013). Penataan Ruang Terbuka Hijau sebagai Cara Optimalisasi Pembentukan Karakter Kota Studi Kasus RTH di Pusat Kota Pacitan. *Jurnal Eco-Teknologi UWIKA*, 19-27.
- Nieuwolt, S. (1977). *Tropical Climatology: An Introduction to the climates of Low Latitudes*. London: Cambridge University Press.
- Setyowati, D. L. (2008). Iklim Mikro dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 15 No. 3*, 125-140.
- Utami, F. P., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2016). Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi dengan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, 306.
- Zarzoso, I. M., & Maruotti, A. (2011). The Impact of Urbanization on CO₂ Emissions: Evidence from Developing Countries. *Ecological Economics Vol. 70 No. 7*, 1344-1353.