

**Identifikasi Fenomena *Urban Heat Island* Berbasis
Penginderaan Jauh Beserta Mitigasinya
(Studi Kasus: Pulau Batam)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

Filadelphia

3322201065

Disusun untuk pengajuan Tugas Akhir Program Diploma III



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI GEOMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

POLITEKNIK NEGERI BATAM

BATAM

2025

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2.....	5
LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Urban Heat Island (UHI).....	7
2.2.2 Faktor-Faktor Penyebab UHI.....	8
2.2.4 Penggunaan Lahan	10
2.2.5 Penginderaan Jauh.....	11
2.2.6 Pengolahan Citra Penginderaan Jauh	13
2.2.7 Citra Landsat 8	14
2.2.8 Land Surface Temperature (LST).....	15
2.2.9 Mitigasi UHI	15
BAB 3.....	17
METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.2 Diagram Alir	18
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	19
3.5.1 Data Citra	20
3.5.2 Pengolahan Penggunaan Lahan.....	21
3.5.3 Pengolahan Suhu Permukaan.....	21
3.5.4 Identifikasi Fenomena UHI.....	23
3.5.5 Perancangan Mitigasi UHI.....	24

3.5.5 Uji Akurasi Kappa.....	25
3.5.6 Analisis Korelasi Regresi.....	26
BAB 4.....	28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Peta Penggunaan Lahan Pulau Batam 2024.....	28
4.2 Peta Suhu Permukaan Pulau Batam 2024	29
4.3 Suhu Permukaan LST dan Suhu Data Cuaca.....	30
4.4. Uji Akurasi Kappa.....	30
4.5 Korelasi Regresi.....	31
4.5 Peta Urban Heat Island Pulau Batam 2024	33
4.6 Pengelompokkan Rancangan Mitigasi UHI.....	33
BAB 5.....	36
KESIMPULAN.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Batam merupakan sebuah kota industri yang mengalami perkembangan pesat di Indonesia. Pulau ini memiliki iklim tropis dengan temperatur rata-rata harian berkisar antara 26 hingga 34 derajat celsius. Posisinya yang strategis berbatasan dengan Singapura dan Malaysia menjadikan Batam sebagai pusat pertumbuhan ekonomi yang menarik bagi investor dan pencari kerja. Hal ini mengakibatkan terjadinya urbanisasi yang masif, ditandai dengan pembangunan infrastruktur, kawasan industri, pemukiman, dan fasilitas pendukung yang mengkonversi lahan alami menjadi lahan pembangunan.

Urban Heat Island merujuk pada kondisi suhu di kawasan perkotaan yang lebih tinggi daripada area pedesaan di sekitarnya (Grimmond, 2007). Fenomena ini disebabkan oleh aktivitas manusia dan perubahan tata guna lahan yang mengubah permukaan lahan dari vegetasi alami menjadi material buatan, seperti aspal dan beton, yang menyerap dan memantulkan lebih banyak panas kembali ke atmosfer (Liu dan Wang, 2023; de Almeida dkk., 2021). Menurut Badriyah pada tahun 2014, UHI atau fenomena *Urban Heat Island* dapat dicirikan sebagai daerah dengan temperatur permukaan yang meningkat dan berfokus di wilayah perkotaan, terutama dibagian pusat kota, dengan karakteristik penurunan suhu secara bertahap menuju wilayah pinggiran. Kondisi ini disebabkan oleh dominasi material buatan yang menampung panas, juga dikenal sebagai penyimpan panas, di daerah perkotaan. Terperangkapnya radiasi matahari menyebabkan suhu di sekitarnya meningkat.

Perubahan penggunaan lahan yang cepat, terutama di wilayah perkotaan, memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Perubahan lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun atau tutupan lahan perkotaan secara substansial meningkatkan intensitas UHI. Menganalisis intensitas perubahan lahan dan UHI secara spasial penting untuk memahami lingkungan termal pada skala kota (Badugu dkk., 2022; Sharma dkk., 2021). Dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berupa pengolahan Citra Landsat 8 untuk dapat memetakan perubahan penggunaan lahan dan hubungannya dengan suhu permukaan, memberikan wawasan penting untuk pengelolaan lingkungan dan perencanaan tata ruang yang berkelanjutan dalam menghadapi tantangan UHI.

Dalam penelitian Adi tahun 2022 salah satu pendekatan untuk menganalisis fenomena Urban Heat Island (UHI) adalah melalui identifikasi *Land Surface Temperature* (LST). LST berperan penting dalam dan fluktuasi suhu pada skala lokal maupun global, serta diaplikasikan dalam pemodelan iklim dan perubahan iklim secara spesifik (Orhan and Yakar, 2016). Peneliti Frey dan Kuenzer menjelaskan bahwa sebagai kuantitas permukaan bumi yang dinamis, LST menunjukkan variabilitas yang baik dalam ruang maupun waktu. Sehingga, LST menggunakan dua teknik analisis yaitu *spatial* yang berhubungan dengan ruang dan temporal yang berhubungan waktu (*time series*). *Land Surface Temperature* (LST) merupakan parameter esensial yang digunakan untuk mengontrol dan mengevaluasi beragam proses fisik, kimia, dan biologis di permukaan bumi, sekaligus mendukung studi mengenai iklim perkotaan (Huang dkk., 2024).

Fenomena UHI merupakan masalah lingkungan yang berdampak pada memburuknya kualitas udara, yang disebabkan oleh berbagai faktor salah satunya penggunaan lahan di daerah tersebut yang cukup signifikan terutama daerah perkotaan. Oleh karena itu diperlukan rancangan mitigasi UHI untuk mengurangi dampak yang terjadi. Sejumlah strategi mitigasi telah dilakukan khususnya pada kota-kota besar. Namun demikian, penelitian ini berfokus pada perubahan struktur fisik bangunan yang mencakup integrasi vegetasi dalam bentuk *green roof* dan *green wall*, serta penggunaan material dengan albedo tinggi. Rancangan untuk pengendalian UHI dibuat dengan mempertimbangkan penggunaan lahan dan kelas UHI di wilayah penelitian yang terkena dampak fenomena UHI.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *Urban Heat Island* (UHI) di Pulau Batam dengan menggunakan pendekatan LST dan Citra Landsat. Nantinya Landsat 8 akan digunakan untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanahnya atau *Land Surface Temperature* (LST) (Widjaji dan Handayani, 2014). Dengan memanfaatkan data suhu yang diperoleh dari BMKG Kota Batam dapat membantu uji akurasi dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik UHI di Pulau Batam dan menjadi masukan bagi pengambil kebijakan dalam merencanakan strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi dampak UHI terhadap lingkungan dan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Bagaimana distribusi suhu permukaan di Pulau Batam berdasarkan citra satelit?
- 2 Bagaimana hubungan antara penggunaan lahan dan suhu permukaan serta distribusi spasial UHI di Pulau Batam?
- 3 Bagaimana rekomendasi mitigasi fenomena *Urban Heat Island* di Pulau Batam?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Penelitian ini berfokus di daerah Pulau Batam, yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia.
- 2 Penelitian ini menggunakan metode LST (*Land Surface Temperature*) pada pengolahan suhu permukaan serta untuk identifikasi persebaran fenomena UHI dan mengambil data citra satelit Landsat 8 sebagai sumber utama data yang diperlukan.
- 3 Pengolahan penggunaan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing atau *supervised classification* dengan algoritma *maximum likelihood*.
- 4 Penelitian ini menggunakan citra landsat bulan April dan Juli 2024 untuk merepresentasikan kondisi suhu permukaan dan fenomena UHI pada tahun 2024. Melihat keterbatasan citra yang baik dan minim awan hanya pada periode tersebut.
- 5 Validasi hasil akan menggunakan data suhu udara dari Stasiun Meteorologi Kelas I Hang Nadim (BMKG) Batam.
- 6 Rekomendasi mitigasi *Urban Heat Island* (UHI) di Pulau Batam mempertimbangkan kondisi spesifik lingkungan dan penggunaan lahan yang ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini, yaitu :

- 1 Memberikan gambaran yang jelas mengenai variasi suhu permukaan di Pulau Batam terutama di berbagai kawasan perkotaan dan sekitarnya.
- 2 Menilai hubungan penggunaan lahan dengan suhu permukaan dalam mengidentifikasi fenomena *Urban Heat Island* (UHI).

- 3 Memberikan rekomendasi yang berdasarkan hasil penelitian dalam upaya mitigasi fenomena UHI untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup di Pulau Batam.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini akan memberikan wawasan yang mendalam mengenai fenomena *Urban Heat Island* di Pulau Batam, termasuk teknik penginderaan jauh, serta identifikasi data suhu permukaan.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Penelitian ini akan memperkaya literatur dan referensi akademis tentang karakteristik dan pola landasan penelitian lanjutan yang lebih mendalam di masa yang akan datang.

3. Bagi Masyarakat

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mempertahankan lingkungan dan mengurangi dampak perubahan iklim. Dengan informasi yang tepat, masyarakat dapat berpartisipasi aktif dalam program-program mitigasi UHI yang dapat meningkatkan rasa kepemilikan terhadap lingkungan.

BAB 2

LANDASAN TEORII

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam kajian Pustaka ini, akan dibahas berbagai penelitian terdahulu yang relevan, serta memberikan kerangka berpikir yang mendasari analisis dan metodologi yang digunakan pada tabel 2.1

No	Penulis	Judul	Data dan Metode	Hasil
1	Tika Christy Novianti, Ahmad Sofyan Samri, Syatreen Nisa, 2024	Analisis <i>Urban Heat Island</i> Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 di Kota Tangerang	<ul style="list-style-type: none">• Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah Citra Landsat 8 <i>Operational Land Imager</i> dan <i>Thermal Infrared Sensor</i> (OLI/TIRS).• Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode <i>Land Surface Temperature</i> (LST), dengan band 4 dan band 5 untuk analisis NDVI serta band 8 dan 10 untuk analisis LST.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Tangerang mengalami fenomena UHI dengan Tingkat UHI tertinggi di UHI 1. Hasil pengolahan <i>Land Surface Temperature</i> menunjukkan terjadi perubahan suhu permukaan di banyak titik di Kota Tangerang dalam kurun waktu 10 tahun. Suhu -30°C mengalami penurunan dan suhu $+30^{\circ}\text{C}$ mengalami kenaikan.
2	La Ode Alwi, La Gandri, Herlan Hidayat, Eka Rahmatiah Tuwu, Irawati, Sahindomi Bana, Vivi Ftiriani, Lies Indriyani, 2022	Analisis Spasial Fenomena <i>Urban Heat Island</i> Kota Kendari Menggunakan Algoritma <i>Land Surface Temperature</i>	<ul style="list-style-type: none">• Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data citra landsat 7 untuk mengetahui sebaran UHI tahun 2001, dan citra landsat 8 OLI tahun 2019.• Dengan metode <i>Land Surface Temperature</i>.	Terjadi UHI di Kota Kendari tahun 2001 dengan luas 1,02%, potensi UHI sebesar 33,94%, dan non UHI sebesar 65,036% dengan ambang batas UHI sebesar $25,95^{\circ}\text{C}$. Dan tahun 2019 peningkatan UHI menjadi 18,92% dari total wilayah, 60,44% berada di kawasan UHI dan 20,645% berada di kawasan non UHI

				dengan ambang batas sebesar 24,60°C.
3	Ervan Ferdiansyah, Willy Ratno Penggalih, 2022	Identifikasi Urban Heat Island yang Mempengaruhi Menggunakan <i>Google Earth Engine</i> (Studi Kasus Kabupaten Karawang)	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam penelitian ini menggunakan data suhu udara rata-rata dan suhu udara minimum harian, data Landsat 8. • Analisis UHI dilakukan dengan running script pada google earth engine (GEE) dengan perhitungan temperature brightness, NDVI, FVC, kemudian perhitungan land surface emissivity (LSE). 	Menunjukkan hasil, yaitu pada tahun 2015 kondisi UHI memiliki intensitas yang tinggi sedangkan pada tahun 2019 kondisi UHI semakin meluas dengan penambahan luas sebesar 1.606 Ha. Salah satu faktor yang mempengaruhi meluasnya UHI adalah konversi lahan.
4	Rohana Sari, 2018	Pemetaan Sebaran Suhu Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Di Pulau Batam	<ul style="list-style-type: none"> • Data pada penelitian ini adalah data penginderaan jauh berupa Citra Landsat 8. • Proses pengolahan penelitian ini yaitu dengan koreksi radiometrik, koreksi geometrik, dan ekstraksi LST. 	Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu minimum yang ada di Pulau Batam yaitu 0°C-16.8°C dan suhu maksimum sebesar 23.6°C-29.2°C.
5	Seprila Putri Darlina dkk, 2018	Analisis Fenomena <i>Urban Heat Island</i> Serta Mitigasinya (Studi Kasus : Kota Semarang)	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian ini menggunakan data primer berupa data suhu permukaan lapangan tahun 2018, dan menggunakan data sekunder berupa citra satelit Landsat 5 tahun 2009, citra satelit Landsat 8 tahun 2013-2017, data jumlah penduduk kota 	Hasil pengolahan pada penelitian ini menunjukkan suhu rata-rata pada tahun 2009 adalah 25.457°C dan meningkat menjadi 30.959°C pada tahun 2013, kemudian menurun pada tahun 2017 menjadi 30.142°C.

			<p>Semarang tahun 2019, 2013, dan 2017, data Batas Administrasi Kota Semarang 2011-2013, dan Peta RTRW kota Semarang tahun 2011-2013.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi fenomena UHI dilakukan dengan metode penginderaan jauh berdasarkan ambang batas hasil pengolahan LST. 	
--	--	--	--	--

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

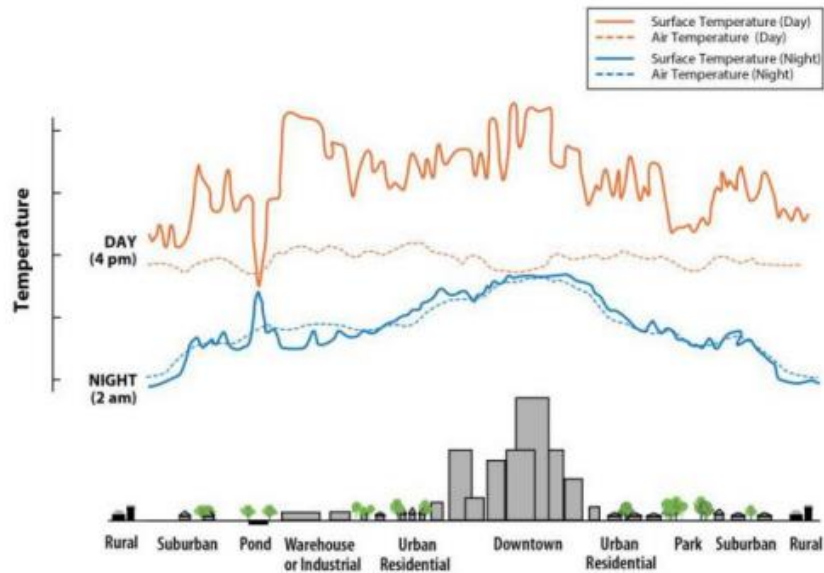
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Urban Heat Island (UHI)

Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) terjadi ketika area perkotaan menjadi lebih panas dibandingkan daerah sekitarnya. Salah satu penyebabnya adalah perubahan tutupan lahan, yaitu Ketika permukaan tanah yang sebelumnya berupa lahan terbuka, vegetasi, atau perairan digantikan oleh bangunan, jalan raya, dan permukaan keras lainnya. Permukaan ini menyerap lebih banyak panas dari sinar matahari dan melepaskannya perlahan, sehingga suhu di area tersebut menjadi lebih tinggi.

Urban Heat Island (UHI) merupakan tantangan utama bagi kota-kota berkembang di seluruh dunia dalam konteks perubahan iklim global. Proses urbanisasi berkontribusi terhadap munculnya UHI di wilayah perkotaan. Kenaikan suhu udara perkotaan disebabkan oleh kombinasi faktor alami yang saling terkait dan aktivitas manusia di lingkungan perkotaan (Morris dan Simmond, 2000 dalam Ridha, 2017).

Fenomena UHI dibedakan menjadi 2 macam, yaitu *Atmospheric Urban Heat Island* dan *Surface Urban Heat Island*. *Atmospheric Urban Heat Island* (AUHI) yaitu perubahan dan perbedaan suhu yang terjadi di lapisan udara di pusat kota dengan daerah disekitarnya. Sedangkan *Surface Urban Heat Island* (SUHI) yaitu perubahan dan perbedaan suhu yang dihasilkan dari proses penguapan material permukaan di pusat kota dan daerah disekitarnya (Atrianta, et al., 2017).



Gambar 2.1 Skema fenomena UHI (Seprila, 2018)

Keadaan di kota dengan bangunan-bangunan bertingkat dan tingkat pencemaran udara yang tinggi dapat menyebabkan timbulnya suatu “kubah debu” (dust dome), yaitu semacam selubung polutan (debu dan asap) yang menyelimuti kota. Hal ini disebabkan pola sirkulasi atmosfer di atas kota yang unik dan mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu yang tajam antara perkotaan dengan daerah disekitarnya, sehingga udara panas akan berada di atas perkotaan dan udara dingin akan berada di sekitar perkotaan tersebut.

2.2.2 Faktor-Faktor Penyebab UHI

Fenomena UHI tidak akan lepas dari beberapa faktor penyebab didalamnya yang dapat dikendalikan oleh manusia, meliputi desain dan struktur kota, jumlah populasi yang berpengaruh terhadap panas antropogenik. Sedangkan faktor yang tidak dapat dikendalikan manusia, meliputi musim, tutupan, awan, serta dinamika atmosfer. Rushayati (2012) menyebutkan aktivitas manusia yang menghasilkan emisi bahan pencemar sebagai penentu terjadinya heat island, antara lain transportasi, industri, sampah, serta konsumsi energi domestik. Menurut Owen (1975), keadaan di kota dengan bangunan-bangunan bertingkat dan tingkat pencemaran udara yang tinggi dapat menyebabkan timbulnya suatu “kubah debu” (dust dome), yaitu semacam selubung polutan (debu dan asap) yang menyelimuti kota. Hal ini disebabkan pola sirkulasi atmosfer di atas kota yang unik dan mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu yang tajam antara perkotaan dengan daerah disekitarnya, sehingga udara panas akan berada di atas perkotaan dan udara dingin akan berada di sekitar perkotaan tersebut.

Urban Heat Island dipengaruhi oleh perubahan pola tutupan lahan, seperti komposisi vegetasi air, lahan terbangun dan perubahannya (Iswanto, 2008). Perubahan tutupan lahan tersebut terutama akibat adanya urbanisasi yang berasosiasi dengan penambahan penduduk dan ekonomi. Dalam Adiningsih (2001) menurut Lowry (1976) terdapat 5 fisik penyebab terjadinya UHI adalah sebagai berikut :

1. Bahan Penutup Permukaan

Permukaan daerah perkotaan terdiri dari beton dan semen yang memiliki konduktivitas kalor sekitar tiga kali lebih tinggi dari pada tanah berpasir yang basah. Keadaan ini akan menyebabkan permukaan kota menerima dan menyimpan energi yang lebih banyak daripada pedesaan.

2. Bentuk dan Orientasi Permukaan

Bentuk dan orientasi permukaan kota lebih bervariasi daripada daerah pinggir kota atau pedesaan, sehingga energi matahari yang datang akan dipantulkan berulang kali dan akan mengalami beberapa kali penyerapan serta disimpan dalam bentuk panas (heat). Sebaliknya di daerah pinggir kota atau pedesaan yang menerima pancaran adalah lapisan vegetasi bagian atas. Selain itu, padatnya bangunan di perkotaan juga dapat mengubah pola aliran udara yang bertindak sebagai perombak dan meningkatkan turbulensi.

3. Sumber Kelembaban

Di perkotaan air hujan cenderung menjadi aliran permukaan akibat adanya permukaan semen, parit, selokan, dan pipa-pipa saluran drainase. Di daerah pedesaan sebagian besar air hujan meresap ke dalam tanah sehingga tersedia cadangan air untuk penguapan yang dapat menyejukkan udara. Selain itu, air menyerap panas lebih banyak sebelum suhu menjadi naik 1°, dan memerlukan waktu yang lama untuk melepaskannya. Hal ini berarti bahwa pohon-pohon yang banyak di daerah pedesaan akan menyerap air hujan dalam jumlah yang banyak dan melepaskannya ke atmosfer sehingga menjaga suhu udara tetap sejuk, serta menyerap lebih banyak panas, dan melepaskannya dalam jangka waktu yang lebih panjang.

4. Sumber Kalor

Kepadatan penduduk kota yang lebih tinggi akan mengakibatkan sumber kalor sebagai akibat dari aktivitas dan panas metabolisme penduduk.

5. Kualitas Udara

Udara perkotaan banyak mengandung bahan-bahan pencemar yang berasal dari kegiatan industri dan kendaraan, sehingga menyebabkan kualitas udaranya menjadi lebih buruk bila dibandingkan dengan kualitas udara di pedesaan.

2.2.4 Penggunaan Lahan

Lilesand *et al* dalam Somantri (2016), mendefinisikan penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada suatu bidang lahan. Penggunaan lahan dapat dikelompokkan dalam dua golongan besar yaitu penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan non pertanian. Menurut Djunaedi dalam Utaya (2008), perubahan penggunaan lahan akan terus berlangsung sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, sehingga di masa mendatang diperkirakan perubahan penggunaan lahan akan terus terjadi. Lahan merupakan bagian dari permukaan bumi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia yang terdiri dari faktor fisik maupun nonfisik (Ritohardoyo, 2013). Aktivitas yang dilakukan oleh manusia mampu mempengaruhi perubahan penggunaan lahan.



Gambar 2.2 Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan adalah hal yang tidak bisa dihindari saat proses ini dilakukan. Bertambahnya penduduk dengan cepat dan meningkatnya permintaan masyarakat terhadap lahan seringkali menyebabkan konflik atas penggunaan lahan dan ketidakcocokan antara penggunaan lahan dan rencana pengembangannya.

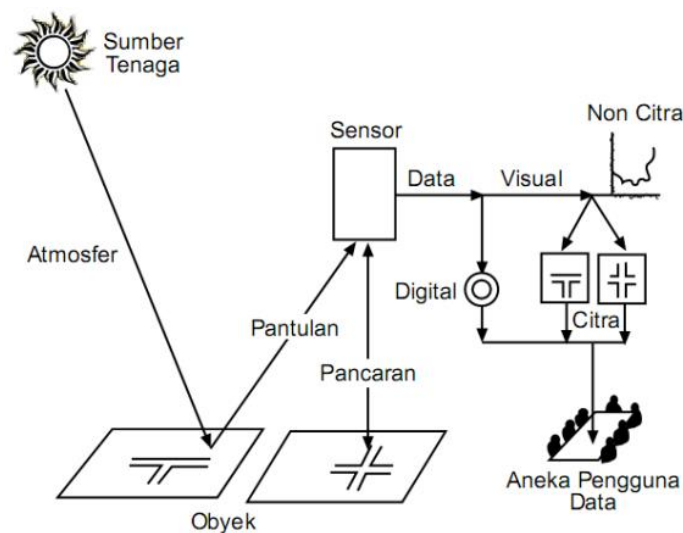
Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk pemetaan daerah dengan melakukan analisis perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah. Peranan penginderaan jauh dapat memudahkan dalam analisis suatu wilayah tanpa berhubungan langsung dengan objek yang akan diteliti. Interpretasi citra dapat dilakukan secara visual maupun digital. Interpretasi visual dilakukan pada citra *hardcopy* maupun citra yang

tertayang pada monitor. Menurut Howard dalam Somantri (2016), interpretasi visual merupakan aktivitas visual untuk mengkaji muka bumi yang tergambar pada citra dengan tujuan untuk identifikasi objek dan menilai maknanya.

2.2.5 Penginderaan Jauh

Menurut Jatmiko (2015) dalam Urfiyah (2019), penginderaan jauh atau remote sensing adalah ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai objek-objek pada permukaan bumi dengan analisis data yang didapatkan dari perangkat penginderaan jauh tanpa melakukan kontak langsung dengan objek di permukaan bumi. Penginderaan jauh digunakan sebagai perekam identifikasi rupa bumi dengan cara menganalisis radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh permukaan bumi.

Gambar penginderaan jauh dapat dilihat pada gambar 2.2. Energi berinteraksi dengan benda dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari benda ke sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra dan digunakan oleh pemakai (Lillesand et al., 2004).



Gambar 2.3 Sistem penginderaan jauh (Firman, 2015)

Energi gelombang tersebut bergerak dari sumber matahari menuju permukaan objek yang menyebabkan terjadinya interaksi antara sensor dengan atmosfer. Interaksi ini terjadi dua kali karena setelah itu energi bergerak dari sasaran menuju sensor sehingga terjadi hamburan atmosferik pada radiasi energi. Ketika mengenai objek, energi tersebut berinteraksi dengan objek yang bergantung pada sifat-sifat objek dan energi radiasinya. Setelah energi dipancarkan

oleh objek, sensor akan mengumpulkan dan sekaligus merekam radiasi elektromagnetiknya dari jauh tanpa ada kontak dengan objek. Kemudian sensor melakukan perekaman, informasi dikirimkan dan diolah menjadi sebuah data citra digital (Urfiyah, 2019).

Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa penginderaan jauh adalah teknik dan ilmu untuk memperoleh data dan informasi permukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak langsung berhubungan dengan objek atau benda yang dikaji. Contoh : pemotretan bumi dari udara, foto udara, satelit, dan gantole. Penginderaan jauh memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik atau spektrum energi lain, serta mempunyai empat komponen yang penting, yaitu sumber radiasi, objek, atmosfer, dan sensor. Secara rinci empat komponen penting tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Sumber radiasi gelombang elektromagnetik, antara lain pantulan matahari dan pancaran panas permukaan. Berdasarkan sumber energi penginderaan jauh terbagi menjadi dua, yaitu : pasif dan aktif. Penginderaan jauh yang menggunakan energi matahari sebagai sumber radiasi termasuk pada pasif. Sedangkan yang menggunakan tenaga pulsa disebut penginderaan jauh aktif, contohnya : radar.
2. Objek di permukaan bumi dapat berupa: tanah, air, geotasi, dan hasil budidaya manusia dan lainnya. Fenomena-fenomena yang ada di permukaan bumi.
3. Interaksi atmosfer, adalah energi elektromagnetik melalui atmosfer berbentuk distorsi dan hamburan. Atmosfer sendiri terdiri atas uap air, gas, dan debu.
4. Sensor adalah alat perekam radiasi elektromagnetik yang berinteraksi dengan permukaan bumi dan atmosfer, contoh: kamera udara, scanner, dan radiometer. Sensor dalam penginderaan jauh menerima informasi dalam berbagai bentuk, antara lain : sinar atau gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Sensor digunakan untuk melacak, mendeteksi, dan merekam suatu objek dalam daerah jangkauan tertentu. Sensor berdasarkan proses perekamannya dibedakan atas: (a) Sensor Fotografi, tenaga elektromagnetik diterima, direkam pada emulsi film dan diproses menghasilkan foto. Hasil akhir berupa foto udara dan perekaman dilakukan dari udara, baik melalui pesawat udara atau wahana lainnya. Jika dilakukan hasil akhirnya disebut foto satelit, (b) Sensor Elektronik, yang hasil akhirnya berupa data visual atau data digital/numerik (Meurah, et.al, 2012).

2.2.6 Pengolahan Citra Penginderaan Jauh

Secara umum tahapan pengolahan penginderaan jauh ada tiga tahapan. Dimana tahapan tersebut terdiri dari koreksi radiometrik, koreksi geometrik, dan klasifikasi. Pada tahap ini menggunakan metode klasifikasi terbimbing. Dengan penjelasan lengkap didalam **tabel 2.2** dibawah ini.

Koreksi Radiometrik	Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar. Oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil dari proses serapan. Metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer yaitu metode pergeseran histogram (<i>histogram adjustment</i>).
Koreksi Geometrik	Koreksi merupakan langkah awal yang dilakukan saat pengolahan data citra satelit. Koreksi geometrik dilakukan untuk menghilangkan gangguan yang ditimbulkan oleh kesalahan pada sensor, gangguan atmosfer, dan pengaruh sudut elevasi matahari. Kalibrasi untuk mengubah data pada citra yang disimpan dalam bentuk <i>digital number</i> (DN) menjadi <i>radiance</i> atau <i>reflectance</i> .
Klasifikasi Terbimbing (<i>supervised classification</i>)	Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analis (<i>supervised</i>), dimana kriteria pengelompokkan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (<i>class signature</i>) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (<i>training area</i>). Menurut Marini (2014), klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam bentuk informasi tematis. Metode klasifikasi terbimbing

	diawali dengan pembuatan daerah contoh untuk menentukan penciri kelas.
--	--

Tabel 2.2 Pengolahan Penginderaan Jauh

2.2.7 Citra Landsat 8

Menurut Urfiyah,2019 Landsat merupakan observasi kenampakan muka bumi. Landsat berfungsi untuk memetakan potensi sumber daya alam dan memantau kondisi lingkungan permukaan bumi. Oleh karena itu Landsat disebut satelit sumber daya alam. Landsat terbagi menjadi dua generasi yaitu generasi pertama (eksperimental) meliputi landsat 1 sampai landsat 3 dan generasi kedua (operasional) meliputi landsat 4 sampai landsat 8.

Landsat 8 memiliki dua sensor yaitu sensor OLI dan TIRS dimana satelit ini merupakan misi lanjutan dari landsat 7. Karakteristik landsat 8 mirip dengan landsat 7 ditinjau dari resolusi (spasial, temporal dan spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Perbedaan antara landsat 8 dengan landsat 7 terletak pada jumlah band yaitu pada landsat 8 terdapat 11 band, sedangkan pada landsat 7 hanya memiliki 8 band.

Nomor Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi
Band 1 (Ultra Blue)	0.43 - 0.45	30
Band 2 (Blue)	0.45 – 0.51	30
Band 3 (Green)	0.53 – 0.59	30
Band 4 (Red)	0.64 – 0.67	30
Band 5 (Near Infrared)	0.85 – 0.88	30
Band 6 (Shortwave Infrared 2)	1.57 – 1.65	30
Band 7 (Shortwave Infrared 2)	2.11 – 2.29	30
Band 8 (Panchromatic)	0.50 – 0.68	15
Band 9 (Cirrus)	1.36 – 1.38	30
Band 10 (Thermal Infrared 1)	10.60 – 11.19	30
Band 11 (Band Thermal Infrared 2)	11.50 – 12.51	30

Tabel 2.2 Spesifikasi citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS

Sumber : U.S. Geological Survey (USGS)

Cristobal (2018) dalam Pohan (2020) mengemukakan bahwa Landsat 8 memiliki band *thermal* yang menggunakan suhu udara dekat permukaan dan uap air sebagai informasi masukan. Adanya band *thermal* yang memiliki dua saluran memberikan peningkatan koreksi

atmosfer dengan metode *split-window*. Pengaruh cahaya nyasar yang diterima oleh band *thermal* ini memberikan perbedaan pada letak garis lintang.

2.2.8 Land Surface Temperature (LST)

Land Surface Temperature (LST) atau Suhu Permukaan Tanah merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan dan media bawah permukaan tanah. Temperatur permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasi dari citra satelit Landsat yang diekstrak dari kanal *thermal*. Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suatu temperatur rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (Utomo, et al., 2017).

Sebaran suhu permukaan dapat ditinjau dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit dengan kemampuan sensor termal, seperti Landsat 5 dan Landsat 8. Radiasi gelombang pendek dan albedo diamati berdasarkan nilai *spectral radiance* dari nilai *digital number*. Albedo diartikan sebagai komparasi tingkat sinar matahari yang masuk ke permukaan dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer (Wicahyani, dkk., (2013)) Radiasi dan albedo mempengaruhi rona suhu yang terekam oleh satelit sensor termal (*brightness temperature*) hingga menghasilkan kenampakan suhu.

2.2.9 Mitigasi UHI

Menurut Peraturan Pemerintah No.21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui Pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mitigasi terhadap urban heat island perlu dirancang untuk meminimalisir dampak buruk yang dapat terjadi. Mitigasi dapat dilakukan dengan menganalisis faktor- faktor pemicu terjadinya UHI, misalnya dengan menetapkan arahan pembangunan, penggunaan model rumah atau bangunan yang ramah lingkungan, dan arahan mengurangi produksi karbon.

Voogt dan Oke (2003) dalam Noviyanti E (2016) juga mengatakan bahwa upaya pengukuran mitigasi dapat diketahui dari bentuk kota atau *city form* (material, geometri atau *geometry*, ruang terbuka hijau atau *greenspace*), fungsi kota atau *city function* (penggunaan energi atau *energy use*, penggunaan air atau *water use*, polusi atau *pollution*).

Giguerre M. (2012) juga menjelaskan strategi mitigasi UHI sebagai berikut :

1. *Green wall* merupakan cara mitigasi dengan penambahan vegetasi pada dinding bangunan.
2. *Green roofs* adalah cara mitigasi dengan penambahan vegetasi pada atap bangunan.
3. *Greening parking lots* dengan melakukan penanaman vegetasi disekitar area tempat parkir atau pembuatan area parkir dengan tutupan vegetasi bukan aspal.
4. *Vegetation around building* dengan membangun taman kecil atau penanaman vegetasi sekitar bangunan.
5. *Reflective roofs dan reflective wall* dengan melakukan modifikasi pada material atap atau dinding untuk meningkatkan albedo.
6. *High-albedo pavement* dengan meningkatkan albedo pada trotoar atau jalan seperti memberikan pigmen yang reflektif pada aspal dan beton.

Upaya mitigasi di Indonesia khususnya mitigasi perubahan iklim (suhu dan cuaca) tidak dapat lepas dari prinsip pembangunan berkelanjutan yang dijadikan sebagai salah satu fokus isu tujuan pembangunan berkelanjutan di Indonesia (TPB/SDG's), dengan adanya fokus ini diharapkan dapat meminimalisir setiap resiko bencana kedepannya (Fauzy, dkk., 2019).

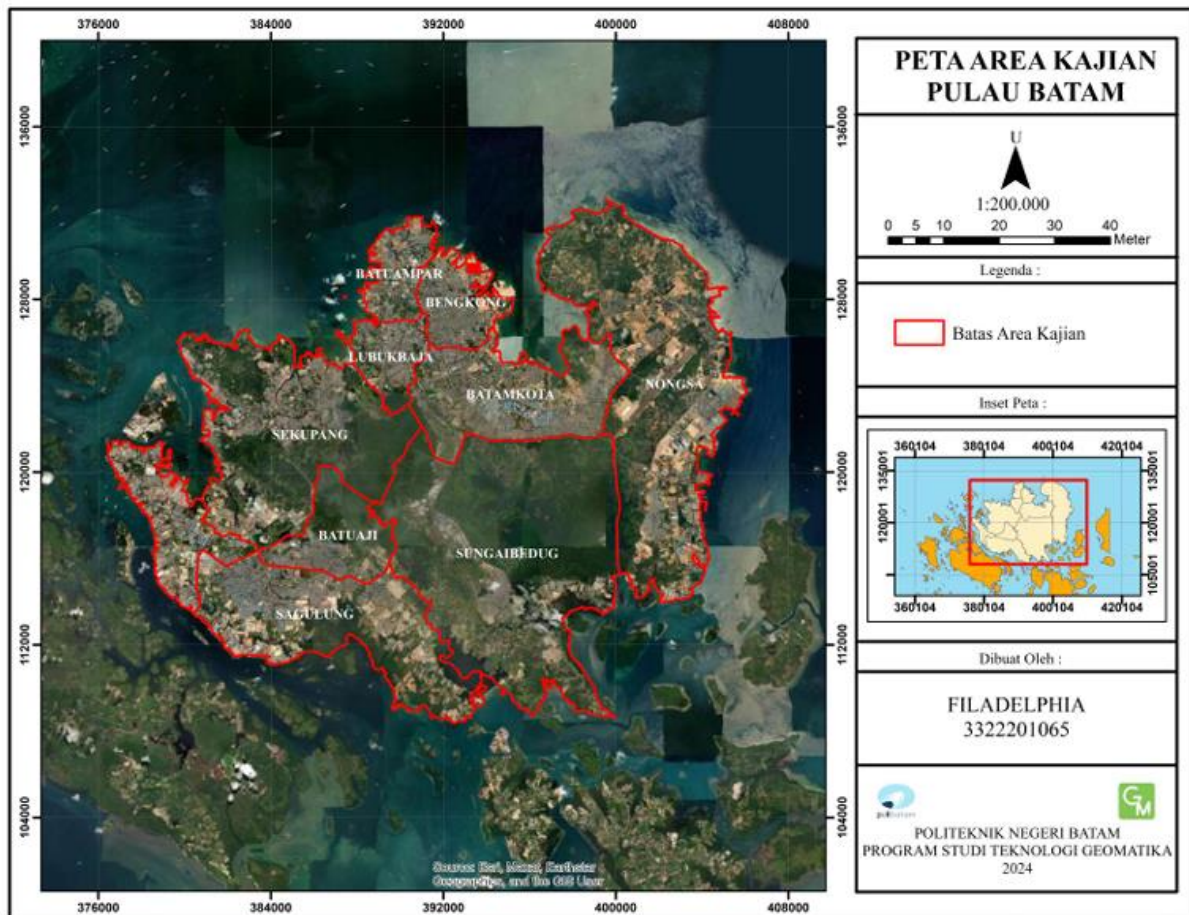
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

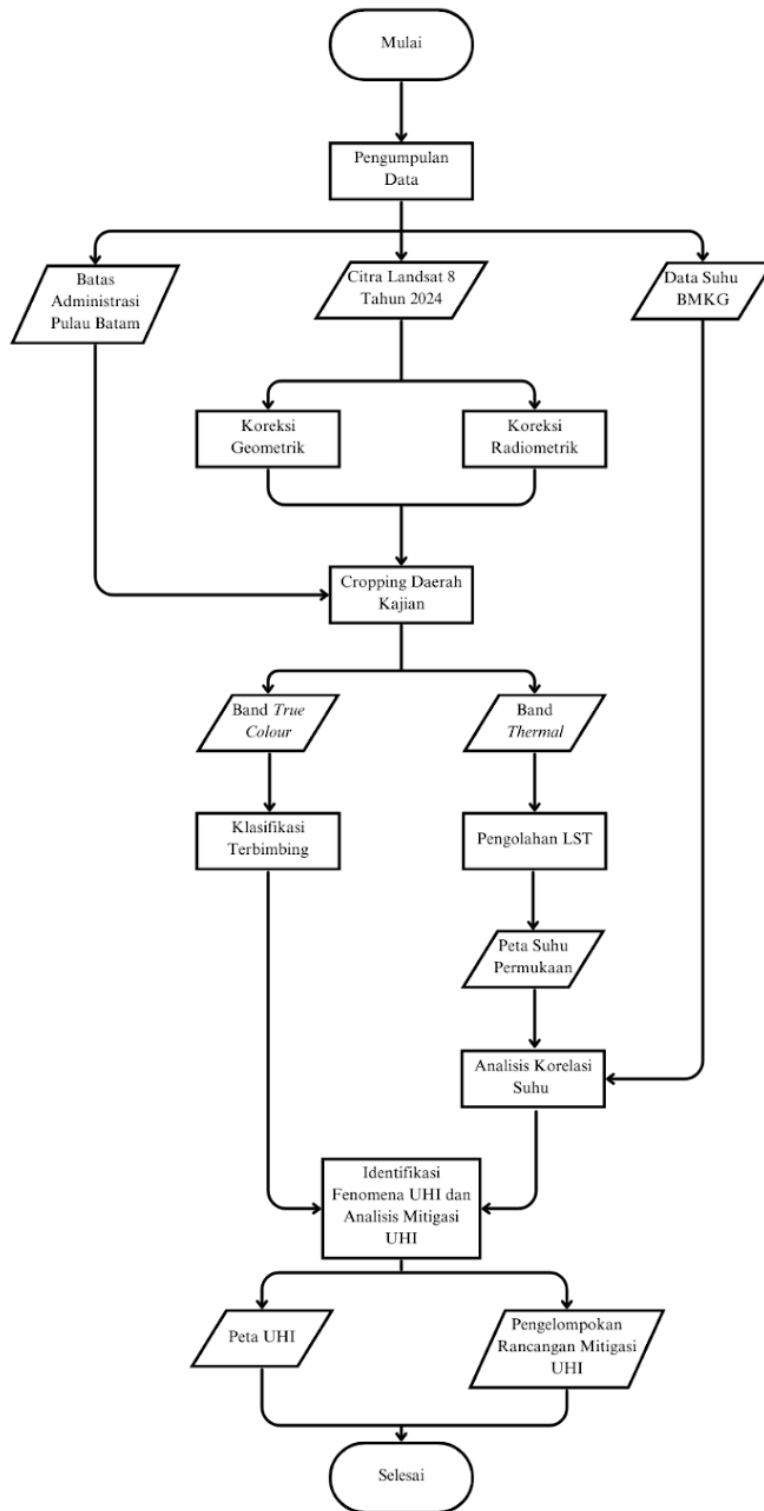
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian : Penelitian ini mengambil daerah Pulau Batam, yang terletak di Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia.

Waktu Penelitian : -



3.2. Diagram Alir



3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

No	Nama Alat	Jumlah	Spesifikasi/Merk	Fungsi
1	Laptop	1 buah	Acer Aspire 5 A514-54	Media untuk mengumpulkan, menjalankan aplikasi pengolahan data dan membuat laporan
2	Microsoft Word	1 buah	Versi 2021	Melakukan proses penyusunan laporan penelitian
3	Microsoft Excel	1 buah	Versi 2021	Melakukan pengolahan data berupa grafik
4	ArcGIS	1 buah	Versi 10.8	Membuat dan mengolah data menjadi peta
5	ENVI	1 buah	Versi 5.3 (32-bit)	Untuk pengolahan data citra

Tabel 3.1 Tabel Alat Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

No	Nama Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Sumber
1	Data Citra Landsat 8	2 buah	Data Citra	Website USGS
2	Data Suhu Udara	1 periode		Stasiun Meteorologi Kelas I Hang Nadim Batam
3	Administrasi Kota Batam	1 buah		BIG

Tabel 3.2 Tabel Bahan Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, peneliti mengumpulkan data dari berbagai sumber yang dipercaya. Data citra satelit Landsat 8 diperoleh dari web *United States Geological Survey* (USGS) yaitu melalui <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan mengakuisisi data April dan Juli pada tahun 2024. Data batas administrasi daerah penelitian diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dapat diakses di web <https://tanahair.indonesia.go.id>. Data lain yang digunakan sebagai validasi data pada penelitian ini adalah data suhu udara BMKG yang diambil langsung dari Stasiun Meteorologi Kelas I Hang Nadim Batam tahun 2024.

Dilakukan juga survei lapangan dengan metode *purposive sampling* (Sugiono,2019) yang merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan/kriteria tertentu yang telah dirumuskan terlebih dahulu oleh peneliti dalam Ani, J., Lumanauw, B., & Tampenawas, J. 2022. Metode ini digunakan untuk uji validasi data citra pada penggunaan lahan. Pengambilan titik koordinat penggunaan lahan menggunakan GPS Handheld dengan metode *ground truth/ground check*. Pendekatan ini merupakan metode validasi data penginderaan jauh dengan cara observasi dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian untuk memastikan kesesuaian antara kondisi penggunaan lahan aktual di lapangan dengan hasil penafsiran citra, dengan bantuan perangkat GPS dan dokumentasi foto.

3.5.1 Data Citra

Pemanfaatan penginderaan jauh terkhususnya Citra Satelit telah banyak dilakukan terutama untuk mengidentifikasi perubahan bentuk, luas, ataupun kondisi lainnya dari suatu wilayah. Pengolahan citra ini terdapat beberapa langkah-langkah, adalah sebagai berikut :

a. Koreksi Geometrik

Merupakan koreksi posisi citra dengan memilih titik-titik tertentu pada citra ke titik-titik yang sama di permukaan bumi maupun di peta. Koreksi geometrik digunakan untuk mengurangi kesalahan posisi setiap piksel pada citra terhadap objek di permukaan bumi.

b. Koreksi Radiometrik dan Cropping Daerah Kajian

Merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan gangguan yang ditimbulkan oleh kesalahan sistem optik pada sensor, gangguan atmosfer, dan pengaruh sudut elevasi matahari. Pemotongan citra atau cropping daerah kajian dilakukan untuk mengambil area yang ingin diamati. Kalibrasi radiometrik untuk mengubah data pada citra yang disimpan dalam bentuk *digital number* (DN) menjadi *radiance*, dengan rumus perhitungan dibawah ini :

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (3.1)$$

Keterangan :

$L\lambda$:TOA spectral radiance (dalam satuan Watts/(m²·sr·µm))

ML :Band-specific multiplicative rescaling factor dari metadata(RADIANCE_MULT_BAND)

$Qcal$:Nilai Digital Number (DN) piksel citra

AL :Band-specific additive rescaling factor dari metadata(RADIANCE_ADD_BAND)

Dan juga dilakukannya perhitungan reflectance, khususnya *Top of Atmosphere* (TOA) dan *Digital Number* (DN) pada citra landsat 8, sebagai berikut :

$$\rho\lambda' = M\rho * Qcal + A\rho \quad (3.2)$$

Keterangan :

$\rho\lambda'$:TOA planetary spectral reflectance tanpa koreksi sudut matahari

$M\rho$:Band-specific multiplicative rescaling dari metadata(REFLECTANCE_MULT_BAND)

$Qcal$:Nilai Digital Number (DN) piksel citra

$A\rho$:Band-specific additive recalling faktor dari metadata(REFLECTANCE_ADD_BAND)

Untuk mengoreksi terhadap sudut matahari, maka menggunakan rumus berikut :

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin\sin(\theta_{se})} \quad (3.3)$$

Keterangan :

θ_{se} : *Sun elevation angle* (sudut elevasi matahari, tersedia di metadata citra)

3.5.2 Pengolahan Penggunaan Lahan

Pengolahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan metode Klasifikasi terbimbing atau *supervised classification* merupakan klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analis (*supervised*) dengan algoritma *maximum likelihood*, dimana kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*class signature*) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (*training area*). Metode klasifikasi ini menggunakan referensi nilai piksel (ROI/*Region of Interest*) yang diasumsikan sebagai objek tertentu. Nilai klasifikasi yang dibagi menjadi 4 kelas yaitu : hutan/bervegetasi, tidak bervegetasi, bangunan, dan perairan.

3.5.3 Pengolahan Suhu Permukaan

Dalam penelitian ini band *thermal* yang akan digunakan adalah band 10 dan 11, tetapi band 10 adalah rekomendasi dari USGS (USGS, 2019). Disarankan tidak menggunakan band 11 akibat ketidakpastian kalibrasi sensor sejak perekaman 29 Maret 2016 lalu. Dimana ada beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan nilai suhu permukaan adalah sebagai berikut

- *Brightness Temperature*

Pada tahap ini dilakukan dengan mengkonversi nilai spectral radiance menjadi suhu kecerahan (*brightness temperature*) dengan Persamaan 2 (Darlina et al., 2018). Suhu kecerahan adalah ukuran pancaran radiasi gelombang mikro dari puncak atmosfer menuju satelit yang dinyatakan dalam satuan suhu radiasi benda hitam. Radiasi benda hitam adalah salah satu radiasi gelombang elektromagnetik termal yang terjadi disekitar benda dalam keadaan kesetimbangan termodinamika dengan lingkungannya. Radiasi benda hitam memiliki spektrum dan intensitas tertentu yang bergantung pada temperatur benda (Urfiyah, 2019). Perhitungan *Brightness Temperature* didapat melalui persamaan matematis sebagai berikut :

$$TB = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (3.4)$$

Keterangan :

TB : ToA *Brightness Temperature* (°C)

K1 : Konstanta Konversi pada band termal (*K1_Constant_Band n from metadata*)

K2 : Konstanta Konversi pada band termal (*K2_Constant_Band n from metadata*)

Lλ : ToA Spektral *Radiance* (W/(m²*sr*μm))

- *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)*

NDVI berguna untuk mengestimasi tingkat kerapatan vegetasi di suatu area. NDVI dapat dihitung menggunakan band 4 (*red*) dan band 5 (*Near Infrared*) dengan formula sebagai berikut (Lillesand dan Kiefer, 1997).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3.5)$$

Keterangan :

NIR : Band 5 pada landsat 8

RED : Band 4 pada landsat 8

- *PV (Proportion Of Vegetation)*

Untuk mendapatkan nilai PV maka perlu menskalakan NDVI untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energy permukaan. Nilai PV didapat dengan persamaan sebagai berikut (Carlson & Ripley, 1997 dalam Fawzi, 2014) :

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3.6)$$

Keterangan :

- NDVI : Hasil pengolahan NDVI
 NDVImin : Nilai NDVI tanah kosong (*bare soil*)
 NDVImax : Nilai NDVI fraksi vegetasi 100%

- LSE (*Land Surface Emissivity*)

Emisivitas permukaan menjadi penting terutama untuk mengurangi kesalahan dalam estimasi suhu permukaan menggunakan citra satelit. Beberapa metode dikembangkan untuk memperoleh emisivitas permukaan dari data penginderaan jauh. Salah satu alternatif yang mudah untuk mendapatkan emisivitas permukaan adalah dengan menggunakan Indeks Vegetasi yang telah diolah untuk mendapatkan nilai PV dengan persamaan sebagai berikut (USGS, 2015):

$$E = 0.004 * PV + 0.986 \quad (3.7)$$

Keterangan :

- 0.004 : Nilai rata-rata emisivitas vegetasi yang berkategori rapat
 PV : Nilai *Proportional Of Vegetation*
 0.986 : Nilai emisivitas standard lahan terbuka

- Untuk mendapatkan sebaran suhu permukaan tanah menerapkan metode *Land Surface Temperature* (LST) adalah sebagai berikut :

$$LST = \frac{T}{\left[1 + \left(\lambda \times \frac{T}{\partial} \right) \times \ln(e) \right]} \quad (3.8)$$

Keterangan :

- LST : *Land Surface Temperature* (°C)
 TB : *ToA Brightness Temperature* (°C)
 λ : Panjang gelombang radiasi yang dipancarkan band radian (μm)
 ∂ : Konstanta Planck (1.438×10^{-2} mK)

3.5.4 Identifikasi Fenomena UHI

Urban Heat Island (UHI) dalam penelitian ini lebih mengacu pada hasil dari pengolahan LST dan menjadikan data suhu udara BMKG untuk mengetahui seberapa kuat korelasi dari kedua data suhu tersebut. Pada tahapan ini dilakukan penentuan lokasi terdampak

UHI berdasarkan nilai ambang batasnya, adapun pada tahapan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 8 (Pratiwi, 2020).

$$T > \mu + 0,5 a \quad (3.9)$$

$$0 < T \leq \mu + 0,5 a \quad (3.10)$$

Keterangan :

T : Suhu Permukaan (LST)

μ : Nilai rata-rata suhu permukaan

a : Standar deviasi suhu permukaan

Kemudian untuk membuat Peta Sebaran UHI a dapat ditentukan menggunakan memodifikasi persamaan yang disampaikan oleh Rajasekar dan Weng (2009) dan memasukan persamaan yang disampaikan oleh Ma, dkk (2010) sebagai berikut (Jatmiko, 2015).

$$UHI = Tmean - (\mu + 0,5a) \quad (3.11)$$

Keterangan :

UHI : *Urban Heat Island*

Tmean: *Land Surface Temperature* (°C)

μ : Nilai rerata LST

a : Nilai standar deviasi suhu permukaan

3.5.5 Perancangan Mitigasi UHI

Perancangan mitigasi UHI dilakukan dengan mempertimbangkan penggunaan lahan untuk mengetahui kondisi permukaan Pulau Batam pada daerah yang terdampak UHI. Perancangan mitigasi UHI hanya difokuskan pada modifikasi fisik atau permukaan dari penggunaan lahan. Adapun pada tahapan ini perhitungan dilakukan dengan operasi pengurangan nilai ambang batas UHI pada tabel 3.3

Kelas	Kriteria Perubahan (°C)	Keterangan Kelas
Non-UHI	(<0)	Merupakan Kawasan yang dipenuhi vegetasi dengan sedikit bangunan.
UHI 1	(0,01-1)	Terdapat permukiman, jalan, dan bangunan industri dimana pekarangan memiliki vegetasi yang tersebar.

UHI 2	(1,01-2)	Terdapat permukiman padat, bangunan industri ataupun pelabuhan dimana hanya terdapat sedikit vegetasi.
UHI 3	(2,01-3)	Terdapat bangunan industri, lahan terbuka atau lapangan serta pusat perbelanjaan dimana hanya terdapat sedikit hingga tidak ada sama sekali vegetasi.
UHI 4	(>3)	Terdapat bangunan industri, lahan terbuka atau lapangan serta pusat perbelanjaan dimana tidak ada sama sekali vegetasi.

Tabel 3.3 Klasifikasi Perubahan UHI

3.5.5 Uji Akurasi Kappa

Uji akurasi adalah pengujian seberapa dekat nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya (*true value*) atau nilai yang dianggap benar (*accepted value*) (Hanifah & Prastowo, 2016). Uji akurasi menjadi bagian penting untuk melihat hasil ekstraksi data penginderaan jauh. Pengujian akurasi akan menghasilkan *nilai overall accuracy*, *producer's accuracy*, *user's accuracy* dan *kappa accuracy*. *Overall accuracy* adalah banyaknya jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar pada tiap kelas dibanding jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi pada semua kelas, sedangkan *producer's accuracy* adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel yang menunjukkan sebaran dari masing-masing kelas yang telah diklasifikasi di lapangan dan *user's accuracy* adalah peluang rata-rata (%) suatu piksel secara aktual yang mewakili kelas-kelas tersebut.

Secara matematis ukuran akurasi tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{k+}} \times 100\% \quad (3.12)$$

$$User's\ accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{+k}} \times 100\% \quad (3.13)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum X_{kk}}{N} \times 100\% \quad (3.14)$$

Kappa statistik merupakan sebuah perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi dari tutupan lahan yang dihasilkan oleh matriks kesalahan dengan persamaan berikut Congalton dan Green (2008):

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_k^r X_{kk} - \sum_k^r X_{k+} X_{+k}}{N^2 - \sum_k^r X_{k+} X_{+k}} \quad (3.15)$$

Keterangan :

X_{kk} : Nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-k dan kolom ke-k

X+k : Jumlah piksel dalam kolom ke-k

Xk+ : Jumlah piksel dalam baris ke-k

N : Banyak nya piksel dalam model

Nilai kappa (%)	Agreement
< 0	Less than change agreement
0.01 – 0.20	Slight agreement
0.21 – 0.40	Fair agreement
0.41 – 0.60	Moderate agreement
0.61 – 0.80	Substantial agreement
0.81 – 0.99	Almost perfect agreemen

Tabel 3.4 Kategori Kesesuaian Akurasi Kappa

3.5.6 Analisis Korelasi Regresi

Uji korelasi dan regresi bertujuan mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara dua variabel tanpa memandang mana yang mempengaruhi atau dipengaruhi. Uji ini hanya menunjukkan seberapa erat variabel-variabel tersebut berhubungan, yaitu antara data suhu hasil pengolahan (LST) dan data suhu lapangan yang diperoleh dari BMKG. Koefisien korelasi diperoleh menggunakan rumus berikut :

$$y = ax+b \quad (3.16)$$

Keterangan :

y: Variabel Dependen

a: Koefisin Regresi

b: Konstanta

x: Variabel Iependen

Mencari koefisien regresi, dilakukan dengan rumus dibawah ini :

$$a = \frac{(\Sigma x)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \quad (3.17)$$

Mencari konstanta dilakukan dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$b = \frac{n\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \quad (3.18)$$

Korelasi digunakan untuk mengetahui besarnya kekuatan hubungan antara dua variabel (sugiyono,2015). Pada tabel 3.4 merupakan pedoman interpretasi koefisien korelasi.

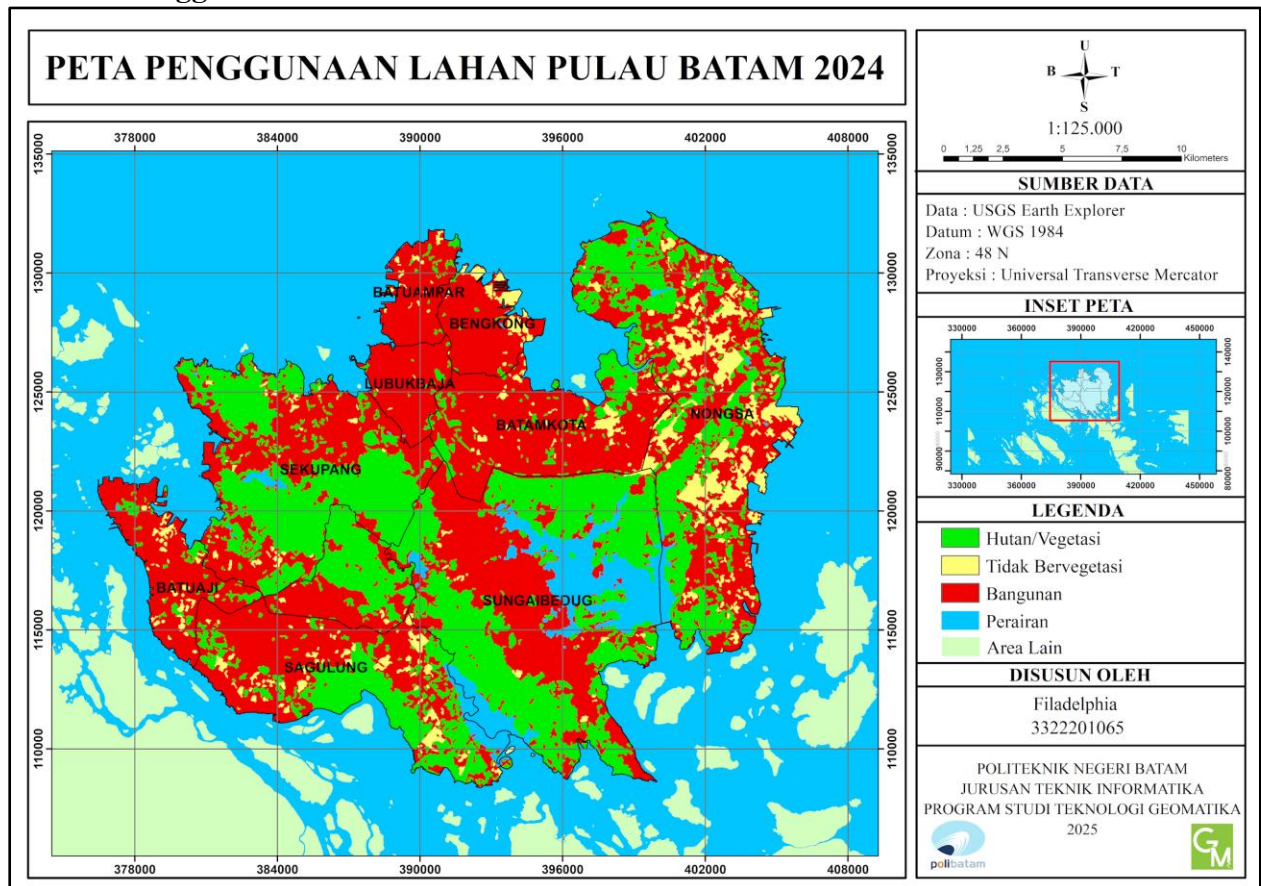
Interval Koefisien Korelasi	Interpretasi Hubungan
0,00-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Cukup Kuat
0,60-0,79	Kuat
0,80-1,00	Sangat Kuat

Tabel 3.5 Interpretasi Koefisien Korelasi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peta Penggunaan Lahan Pulau Batam 2024



Gambar 4.1 Peta Penggunaan Lahan Pulau Batam 2024

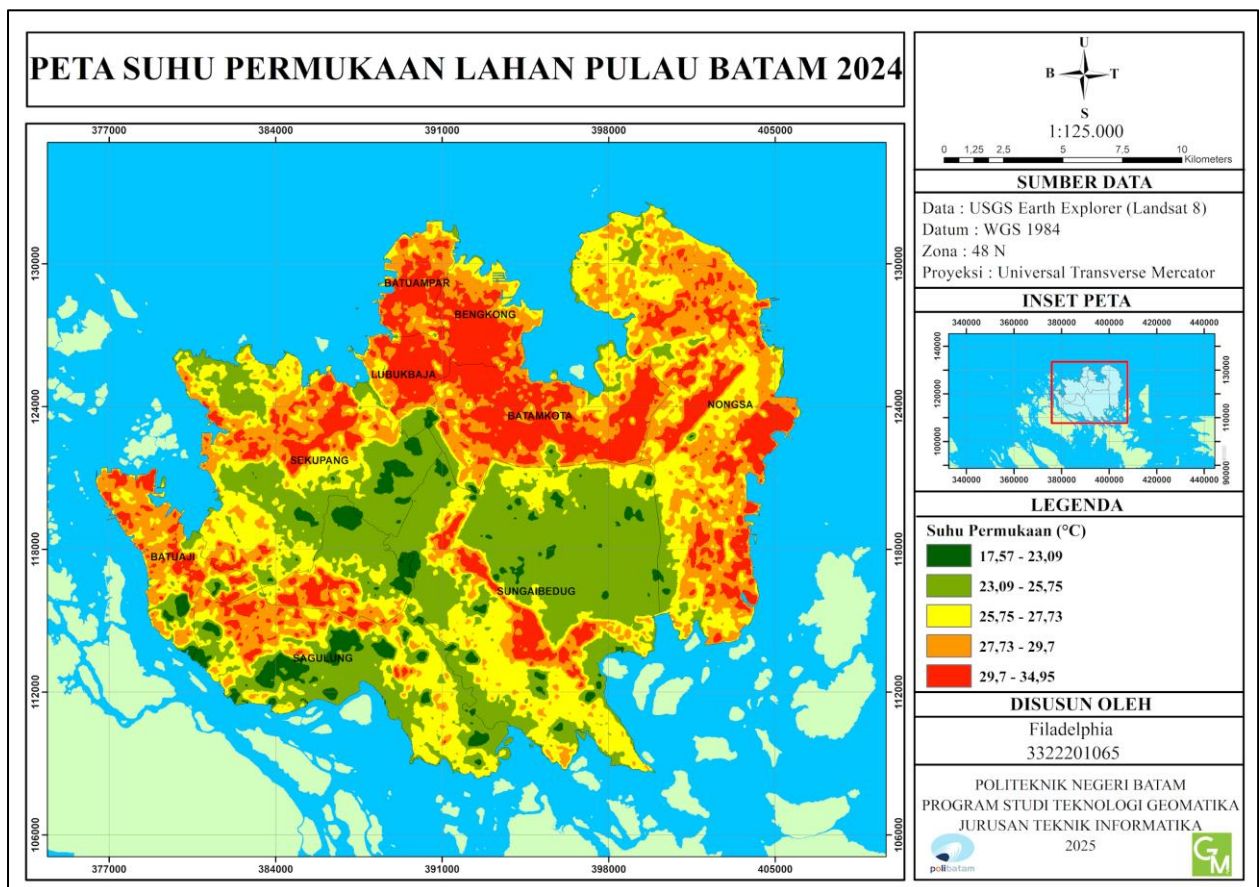
Peta penggunaan lahan adalah peta yang dihasilkan melalui pengolahan dengan metode klasifikasi terbimbing atau *supervised classification* dengan algoritma *maximum likelihood*. Didapatkan empat kelas penggunaan lahan berdasarkan orde I menurut Malingreau yang terdiri dari hutan/vegetasi, tidak bervegetasi, bangunan, dan perairan. Peta ini mengungkapkan pola distribusi penggunaan lahan yang beragam di berbagai daerah di Pulau Batam. Pada gambar 4.1 adalah hasil peta klasifikasi penggunaan lahan.

Secara umum, hasil interpretasi menunjukkan bahwa Pulau Batam didominasi oleh kawasan terbangun yang ditandai dengan warna merah pada daerah Batam Kota, Bengkong, Batu Ampar, dan Lubuk Baja. Hal ini menjadi faktor kunci yang mempengaruhi fenomena *Urban Heat Island* (UHI), karena permukaan buatan pada lahan terbangun memiliki kapasitas menyimpan panas yang tinggi.

Sementara itu, kawasan dengan vegetasi tinggi banyak ditemukan pada daerah Sungai Beduk, Sagulung, Batu Aji, dan sebagian daerah Sekupang. Kawasan yang didominasi oleh bangunan dan lahan tidak bervegetasi umumnya berasosiasi dengan nilai suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan area dengan tutupan vegetasi. Hal ini memperkuat hubungan antara urbanisasi pesat di Batam dan munculnya fenomena *Urban Heat Island* (UHI) yang teridentifikasi pada peta suhu permukaan.

4.2 Peta Suhu Permukaan Pulau Batam 2024

Peta transformasi LST (*Land Surface Temperature*) bersumber dari citra satelit Landsat 8 perekaman 6 April 2024 dan 27 Juli 2024 yang digabung dengan *composite band* menghasilkan peta seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Peta Suhu Permukaan Pulau Batam 2024

Berdasarkan gambar dapat dilihat nilai LST di Pulau Batam berada di rentang 17,57°C hingga 34,95°C. Area yang mengalami peningkatan suhu terlihat jelas pada daerah perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi, bangunan, serta aktivitas industri meliputi kecamatan Batam Kota, Bengkong, Batu Ampar, dan Nongsa. Sehingga memiliki kemampuan rendah dalam menyerap panas dan area ini menunjukkan potensi UHI yang tinggi. Sementara, wilayah dengan suhu rendah (17,57°C -23,09°C) banyak ditemukan di daerah Sungai Beduk yang

sebagian besar merupakan daerah bervegetasi dan perairan yang berfungsi sebagai penyejuk alami (*cooling effect*) karena kemampuannya dalam menurunkan suhu udara di sekitar nya.

4.3 Suhu Permukaan LST dan Suhu Data Cuaca

Uji validasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan data suhu yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kota Batam. Suhu rata-rata permukaan hasil olahan citra dengan data cuaca yaitu sebesar 4°C

Keterangan	Suhu LST (°C)	Suhu BMKG (°C)
Suhu Minimum	17,57	29,9
Suhu Maximum	34,95	32,5
Suhu Rata-Rata	27,17	32,12

Tabel 4.1 Data Suhu LST dengan Data Stasiun Cuaca

Adapun data BMKG yaitu data suhu udara. Waktu data nya mengikuti jam UTC, pada data BMKG menggunakan jam 10:00, dikarenakan mengikuti waktu overpass citra satelit yang digunakan. Pada metadata citra landsat yang digunakan, scene center time nya yaitu 03:16 UTC, sehingga data BMKG yang digunakan adalah jam yang mendekati yaitu 03:20 UTC yang dikonversikan ke waktu lokal Pulau Batam yaitu WIB menjadi 10:20 WIB Karena semakin dekat waktunya, semakin representatif hasil validasi yang diperoleh, karena semakin dekat waktunya, semakin representatif hasil validasi yang diperoleh.

4.4. Uji Akurasi Kappa

Uji akurasi dilakukan antara klasifikasi citra pada penggunaan lahan dengan data lapangan sebanyak 90 titik yang tersebar di Pulau Batam. Aspek yang dipertimbangkan antara lain, akurasi pengguna, akurasi pembuat, dan akurasi keseluruhan. Perhitungan kappa dapat dilihat pada Tabel 4.2

No	Sampel	Vegetasi	Tdk Bervegetasi	Bangunan	Awan	Perairan	Jumlah (USER)
1	Vegetasi	18	2	3	0	0	23
2	Tidak Bervegetasi	0	19	2	0	0	21
3	Bangunan	0	0	36	1	0	37
4	Awan	0	0	0	2	0	2
5	Perairan	0	0	0	0	7	7
6	Jumlah (PRODUSER)	18	21	41	3	7	90
7	PA%	100	90	88	67	100	100
8	OA%	91%					
9	KA%	87%					

Tabel 4.2 Hasil Uji Akurasi Kappa

Uji akurasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa 87% dari total titik sampe yang diverifikasi di lapangan diklasifikasikan dengan benar pada titik sampel. Koefisien kappa 87% juga menunjukkan tingkat nilai yang tinggi antara klasifikasi peta dengan kondisi lapangan. Berdasarkan perhitungan uji akurasi kappa, peta penggunaan lahan Pulau Batam tahun 2024 yang dihasilkan dari proses klasifikasi, memiliki akurasi yang sangat tinggi dan dapat dipercaya dalam merepresentasikan kondisi lapangan. Dengan dokumentasi pengambilan/pemantauan lapangan dapat dilihat pada Gambar 4.3

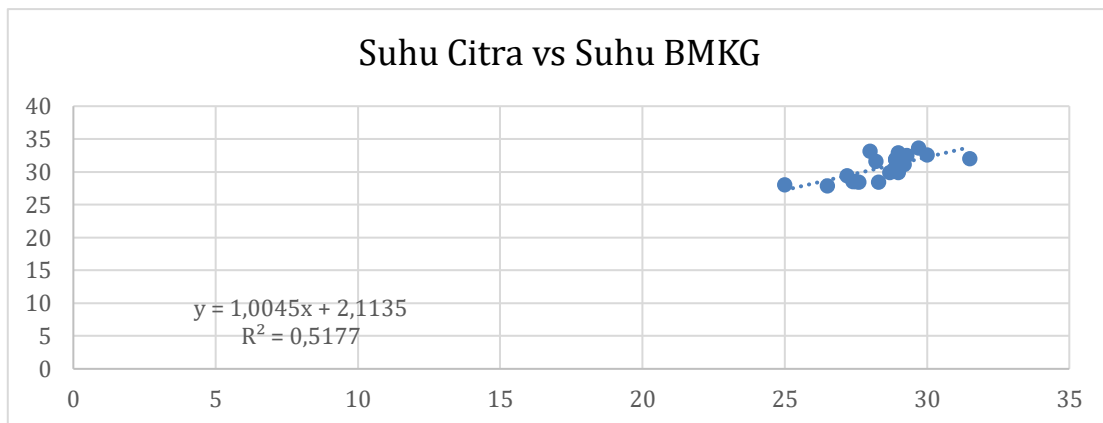


Gambar 4.3 Pengambilan titik sampel

4.5 Korelasi Regresi

Data hasil nilai BMKG, digunakan untuk mengukur tingkat hubungan antara variabel yang berupa nilai suhu citra dan nilai suhu lapangan yang di peroleh dari Stasiun Meteorologi Kelas I Hang Nadim Batam tahun 2024 bulan 4 dan bulan 7. Analisis regresi juga digunakan

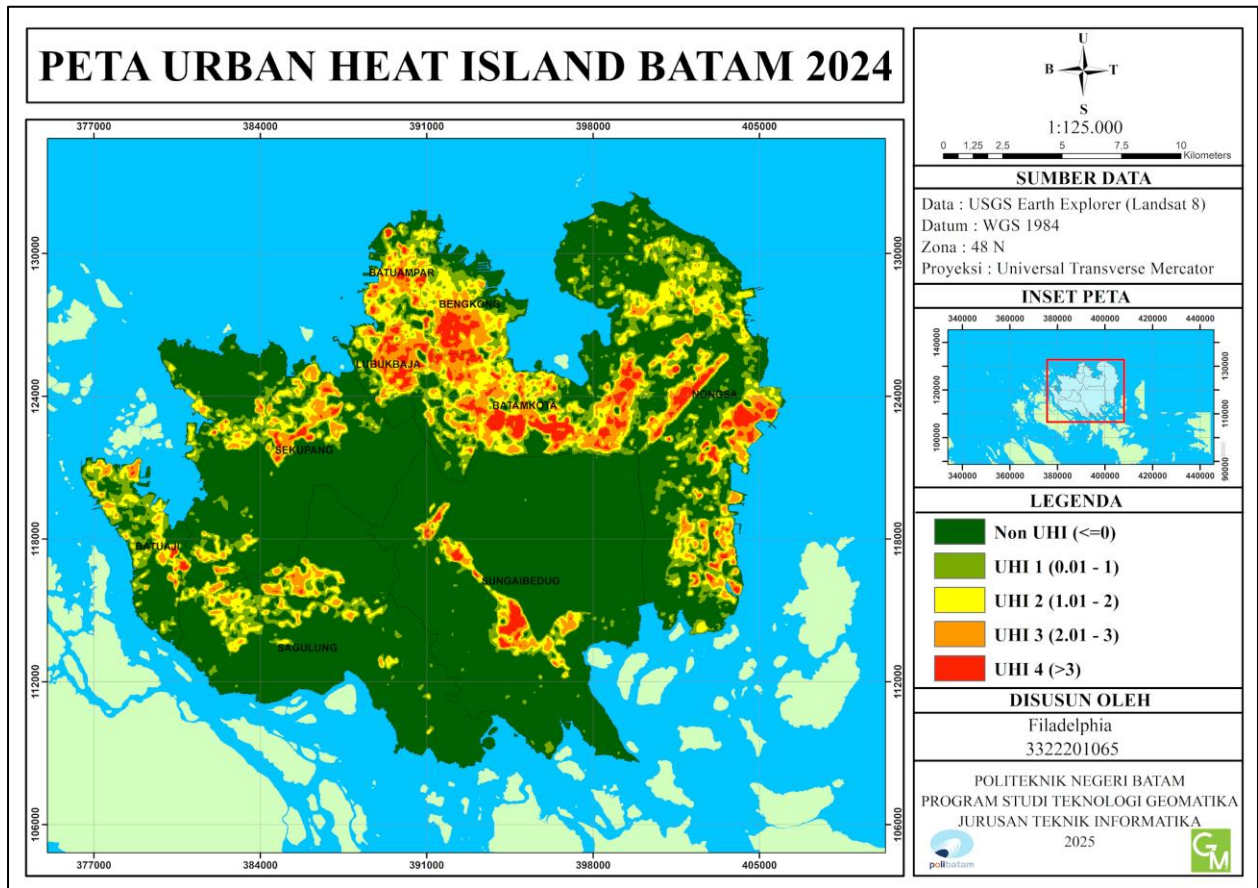
dalam penelitian ini untuk membangun persamaan pada nilai suhu citra dan nilai suhu lapangan.



Gambar 4.4 Hasil Uji Interpretasi

Hasil pemodelan regresi $R^2 = 0,5177$ digunakan sebagai dasar memetakan distribusi persentase LST dari data citra dan menggambarkan hubungan antara nilai LST data citra dan nilai BMKG. Pada gambar 6 menunjukkan interval koefisien korelasi senilai $R^2 = 0,51$ yang masuk dalam kategori cukup kuat pada interpretasi hubungan korelasi, sehingga dapat dikatakan terdapat hubungan yang cukup signifikan antara kedua data tersebut.

4.5 Peta Urban Heat Island Pulau Batam 2024



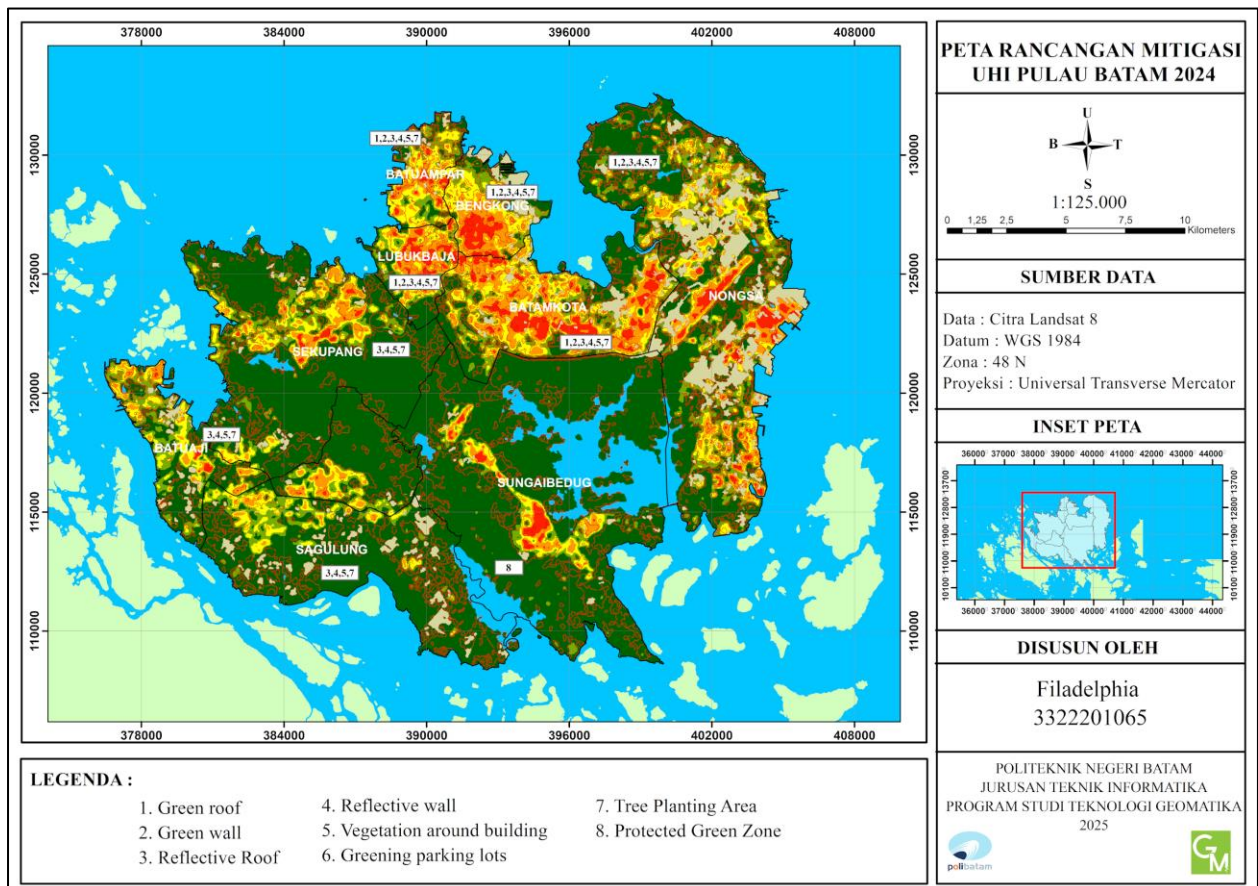
Gambar 4.5 Peta UHI Pulau Batam

Menurut Grimmond tahun 2007 UHI merupakan fenomena dimana suhu area perkotaan lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya, hal ini disebabkan aktivitas manusia dan perubahan penggunaan lahan dari vegetasi alami menjadi buatan yang menyerap dan memantulkan panas (Liu dan Wang, 2023). Peta UHI Pulau Batam tahun 2024 pada gambar 7, menunjukkan 5 kelas, dari terendah atau Non UHI (≤ 0) yang didominasi oleh vegetasi dan minim lahan terbangun. Kawasan ini cenderung memiliki suhu yang lebih stabil sehingga tidak terkena efek pemanasan perkotaan yang signifikan. Kelas UHI sedang (UHI 1 – UHI 2) dimana area ini merupakan kawasan campuran antara daerah tidak bervegetasi dan bangunan. Lalu wilayah dengan intensitas UHI tinggi (UHI 3-UHI 4) tampak jelas pada zona berwarna orange dan merah yang menonjol di pusat aktivitas perkotaan yang didominasi lahan terbangun (bangunan, jalan, dan pemukiman padat) dengan minimnya tutupan hijau.

4.6 Pengelompokan Rancangan Mitigasi UHI

Rancangan mitigasi fenomena *Urban Heat Island* (UHI) dilakukan dengan mempertimbangkan hasil dari nilai UHI dan penggunaan lahan. Dengan pendekatan teori

Giguerre M, 2012 sebagai acuan para perancangan mitigasi UHI, seperti pada gambar 8.



Gambar 4.6 Peta Rancangan Mitigasi UHI

Strategi mitigasi ini dibedakan menjadi tiga kategori yaitu, Non-UHI (rendah), UHI sedang (UHI 1-2), dan tinggi (UHI 3-4). Pada Non-UHI yang mencakup wilayah Sungai Beduk, sebagian Sekupang, dan Sagulung, kondisi lahan masih didominasi oleh vegetasi dan perairan. Langkah mitigasi yang tepat adalah perlindungan kawasan hijau dan pencegahan alih fungsi lahan vegetasi menjadi daerah terbangun. Upaya ini bertujuan menjaga keseimbangan termal lingkungan agar kawasan non-UHI tetap berfungsi sebagai zona penyangga suhu di Pulau Batam.

Pada kategori sedang yaitu UHI 1-UHI 2, yang meliputi Sagulung, Batu Aji, dan Sekupang, wilayah ini menunjukkan campuran antara lahan vegetasi, area terbangun, dan lahan tidak bervegetasi. Mitigasi yang dapat dilakukan adalah penanaman pohon di sepanjang jalan, penerapan vegetasi di sekitar bangunan (*vegetation around building*), serta penggunaan bahan bangunan reflektif seperti *reflective roof* dan *reflective wall* yang memiliki nilai albedo tinggi. Strategi ini dapat membantu menurunkan suhu permukaan bangunan, memperbaiki kualitas

udara, dan mengurangi efek pemanasan lokal secara bertahap.

Sementara itu, kategori tinggi yaitu UHI 3- UHI 4 dengan padat penduduk, bangunan, serta lahan terbangun pada daerah Batam Kota, Bengkong, Batu Ampar, Lubuk Baja, hingga sebagian besar kawasan Nongsa. Mitigasi yang dapat dilakukan dengan pendekatan teknologi hijau, antara lain penerapan *green roof* (atap hijau), *green wall* (dinding hijau), *reflective roof*, *reflective wall*, serta vegetasi di sekitar bangunan. Selain itu, dilakukan pula penanaman pohon di sepanjang jalan utama dan area publik untuk meningkatkan penyerapan panas, memperbaiki sirkulasi udara, serta memperluas area penghijauan di pusat kota.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tentang fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Pulau Batam dengan pemanfaatan data citra satelit Landsat 8 dan validasi menggunakan data suhu BMKG, suhu permukaan berkisar $17,57^{\circ}\text{C}$ – $34,95^{\circ}\text{C}$ dapat disimpulkan bahwa daerah Pulau Batam yang terdampak UHI paling tinggi yaitu ada di kawasan Batam Kota, Bengkong, Batu Ampar, Lubuk Baja, hingga sebagian besar kawasan Nongsa yang tergolong kelas UHI 3 dan UHI 4. Validasi hasil pengolahan suhu citra satelit (LST) dengan suhu BMKG menggunakan metode korelasi regresi juga menunjukkan hubungan dengan kategori cukup kuat dengan nilai interval koefisien korelasi senilai $R^2 = 0,5177$ Sehingga metode ini dapat dianggap representatif untuk menggambarkan kondisi suhu di wilayah penelitian. Rekomendasi mitigasi yang diusulkan meliputi penerapan *green roof*, *green wall*, dan peningkatan ruang terbuka hijau untuk mengurangi dampak UHI, serta perlindungan kawasan hijau yang masih ada. Penelitian ini tidak hanya memberikan wawasan bagi akademisi dan peneliti, tetapi juga dapat menjadi dasar bagi pengambil kebijakan dalam merumuskan strategi mitigasi yang efektif untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup di Pulau Batam.

DAFTAR PUSTAKA

- Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. *Geographical Journal*, 173(1), 83–88. https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2007.232_3.x
- Liu, Y., & Wang, Z. (2023). Research Progress and Hotspot Analysis of Urban Heat Island Effects Based on Cite Space Analysis. *Land*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/land12061154>
- Adi, W. B., Sukuryadi, Adiansyah, J. S., Ibrahim, & Johari, H. I. (2022). Analisis Pola Spasial Fenomena Urban Heat Island (UHI) Berdasarkan Faktor Emisivitas Lahan. *Geography*, 10(2), 6–7. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/geography/article/view/9740>
- Malingreau, J.P. dan Chrisiani, R. 2004. Land Cover/ Land Use Classification and Its Use With Remote Sensing Data In Indonesia. Presented at the TCDC Course 2004 of Application of Remote Sensing and GIS Technologies for Intergreted Water and Land Resources Management, PUSPICS, Yogyakarta: Fak. Geografi, UGM.
- Huang, M., Zhong, S., Mei, X., & He, J. (2024). Spatiotemporal Patterns in the Urban Heat Island Effect of Several Contemporary and Historical Chinese “Stove Cities.” *Sustainability (Switzerland)*, 16(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su16073091>
- Ramadhan, D. M. "Analisis perubahan land surface temperature menggunakan citra multi-temporal (studi kasus: Kota Banjarmasin)." *Jurnal JPIG* 6.1 (2021): 15-20.
- Novianti, Tiika Christy, Ahmad Sofyan Samri, and Syatreen Nisa. "Analisis Urban Heat Island Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 di Kota Tangerang." *Journal Of Plano Studies* 1.1 (2024): 12-20.
- Limas, Andrew V., dkk. 2014. Pembahasan Mengenai Efek Urban Heat Island dan Solusi Alternatif bagi Kota Jakarta. *J@TI Undip*, Vol IX, No 1.
- Atrianta, L., A. H. Sudibyakto, dan D. R. Hisbarn. 2017. Pengaruh Intensitas Pemanfaatan Ruang Terhadap SUHI Di Perkotaan Yogyakarta. Program Studi Ilmu Lingkungan UGM Yogyakarta.
- Owen, O., 1975. *Natural Resources Coservation : An Ecological Approach*. Second Edition ed. New York: Macmilan Publishing CO. Inc.
- Adiningsih, Erna Sri., dkk. 2001. Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. LAPAN
- Zulkarnain, Rizki Cholik. "Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan di kota surabaya." Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2016): 1-306.
- Lillesand T.M., R. W. Kiefer and J. W. Chipman. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth Edition. John Wiley and Sons. New York.

- Sutanto, 1994. Penginderaan jauh Jilid 1 dan II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Bab 1.
- Meurah, C., Raharjo, E., Budiastati, U. 2012. Penginderaan Jauh. Geografi
- Kasmawati, Kasmawati. *ANALISIS URBAN HEAT ISLAND DI KOTA MAKASSAR BERDASARKAN HUBUNGAN ANTARA KERAPATAN VEGETASI DENGAN SUHU PERMUKAAN*. Diss. Universitas Hasanuddin, 2021.
- Akrim, Andi Ahmad Dzaky. *Arahan dan Rekomendasi Mitigasi terhadap Wilayah yang Terdampak Urban Heat Island di Kota Makassar*. Diss. Universitas Hasanuddin, 2023.
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2021). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), C48-C55.
- Darlina, S. P., Sasmito, B., & Yuwono, B. D. (2018). Analisis Fenomena Urban Heat Island Serta Mitigasinya (Studi Kasus: Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(3), 77-87.
- Giguere M., 2012. Urban Heat Island Mitigation Strategies. Institut National De Sante Publique : Quebec
- Rahman, M. N., Rony, M. R. H., Jannat, F. A., Chandra Pal, S., Islam, M. S., Alam, E., & Islam, A. R. M. T. (2022). Impact of urbanization on urban heat island intensity in major districts of Bangladesh using remote sensing and geo-spatial tools. *Climate*, 10(1), 3.
- Kurnianti, Rindi. "Ketersediaan ruang terbuka hijau dan urban heat island di Kota Makassar." *Jurnal Litbang Sukowati: Media Penelitian dan Pengembangan* 3.2 (2020): 14-14.
- Ferdiansyah, Ervan, and Willy Ratno Penggalih. "Identifikasi urban heat island dan faktor yang mempengaruhinya menggunakan google earth engine." *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal* 1.1 (2022): 5-11.
- Ani, Jilhansyah, Bode Lumanauw, and Jeffry Tampenawas. "Pengaruh citra merek, promosi dan kualitas layanan terhadap keputusan pembelian konsumen pada e-commerce Tokopedia di kota Manado." *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi* 10.1 (2022): 663-674.
- Firmansyah, Septiyan, Jonson Lumban Gaol, and Setyo Budi Susilo. "Perbandingan klasifikasi SVM dan Decision Tree untuk pemetaan mangrove berbasis objek menggunakan citra satelit Sentinel-2B di Gili Sulat, Lombok Timur." *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)* 9.3 (2019): 746-757.
- Nadzirah, Rufiani, et al. "Analisis Perbandingan Tutupan Lahan (Land Cover) Wilayah Malang Raya Menggunakan Citra Sentinel." *Rona Teknik Pertanian* 16.2 (2023): 160-174.