TESIS - SB 185401

OPTIMALISASI FUNGSI EKOLOGIS RUANG TERBUKA HIJAU SEBAGAI UPAYA MENGURANGI DAMPAK *URBAN HEAT ISLAND*: STUDI KASUS DI KOTA SURABAYA

ORY KURNIA AYU DEVIANTI
01311850010001

Dosen Pembimbing
Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc.

Departemen Biologi
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – SB185401

OPTIMALISASI FUNGSI EKOLOGIS RUANG TERBUKA HIJAU SEBAGAI UPAYA MENGURANGI DAMAK URBAN HEAT ISLAND: STUDI KASUS DI KOTA SURABAYA

ORY KURNIA AYU DEVIANTI
01311850010001

Dosen Pembimbing
Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

THESIS – SB185401

OPTIMIZATION OF ECOLOGICAL FUNCTIONS GREEN OPEN SPACES AS AN EFFORT TO REDUCE THE IMPACTT OF URBAN HEAT ISLAND: A CASE STUDY IN SURABAYA CITY

ORY KURNIA AYU DEVIANTI
01311850010001

Supervisor
Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc.

MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF BIOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Sains (M.Si)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ORY KURNIA AYU DEVIANTI

NRP : 01311850010001

Tanggal Ujian : 12 Agustus 2020

Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh :

Pembimbing :

1. Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc …….
   NIP : 19690408 199203 2 001

Penguji :

1. Dr. Nurul Jadid, M.Sc. …….
   NIP : 19820512 200501 1 002
2. Indah Trisnawati D T, M.Si., Ph.D …….
   NIP : 19730622 199802 2 001

Kepala Departemen Biologi

Fakultas Sains dan Analitika Data

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA DEPARTEMEN BIOLOGI

Dr. Dewi Hidayati, M.Si.
NIP :19691121 199802 2 001

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

OPTIMALISASI FUNGSI EKOLOGIS RUANG TERBUKA HIJAU SEBAGAI UPAYA MENGURANGI DAMPAK URBAN HEAT ISLAND: STUDI KASUS DI KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa	: Ory Kurnia Ayu Devianti
NRP	: 01311850010001
Pembimbing	: Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc.

ABSTRAK

Peningkatan suhu di area pusat kota dapat disebabkan karena penggunaan material dengan albedo rendah, perubahan tutupan vegetasi menjadi area terbangun dan aktifitas manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor dan AC dapat menghasilkan polutan antropogenik. Sumber utama dari polutan antropogenik di perkotaan adalah aktivitas kendaraan sebesar 60% dan 30% berupa kegiatan industri, rumah tangga dan sampah. *Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena dimana suhu di area perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan area pedesaan. Salah satu cara untuk menangani peningkatan suhu yang terjadi di perkotaan adalah dengan menyediakan ruang terbuka hijau yang dapat membantu menurunkan suhu dengan menyerap karbon, tajuk, dan proses evapotranspirasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi fenomena UHI di kota Surabaya dan peran ruang terbuka hijau (RTH) kota Surabaya dalam fungsinya membantu menurunkan suhu perkotaan. Penelitian ini dilakukan pada bulan April hingga Agustus 2020. Metode penelitian meliputi pengolahan data citra satelit Landsat 8 OLI untuk mendapatkan LST (Land Surface Temperature), mengidentifikasi UHI, dan mengidentifikasi kemampuan serapan karbon ruang terbuka hijau (taman kota) kota Surabaya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa di Kota Surabaya memiliki suhu tertinggi sebesar 39 °C dan terjadi fenomena UHI yang terbagi menjadi 3 kelas (lemah, sedang dan kuat). Kemudian untuk RTH taman aktif yang terdapat di kelas 5 (sedang) dan 6 (kuat) UHI terdiri dari Jemursari, Taman Listia, Eks Lokalisasi, Taman Manukan Mulyo, Manukan Rejo Blok I, Jl. Asem Jaya Gang 1, Rusun Bandarejo, Manukan Lor, dan Manukan Kulon IV. Taman aktif Jemursari

memiliki jumlah jenis tanaman yang memiliki kemampuan serapan karbon lebih banyak dibandingkan dengan taman aktif lainnya. Berdasarkan analisis regresi linier dan korelasi Pearson didapatkan persamaan yaitu y = -1,5x + 0,3 dengan nilai R^2 = 1, dimana UHI dan NDVI mempunyai hubungan yang saling mempengaruhi dan berkorelasi negatif. Sehingga semakin tinggi UHI maka semakin rendah NDVI.

Kata kunci: Fungsi ekologi, *Land Surface Temperature*, *Urban Heat Island*, Ruang Terbuka Hijau

OPTIMIZATION OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF GREEN OPEN SPACES AS AN EFFORT TO REDUCE THE IMPACT OF URBAN HEAT ISLAND: A CASE STUDY IN SURABAYA CITY

Student Name : Ory Kurnia Ayu Devianti

NRP : 01311850010001

Supervisor : Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc.

ABSTRACT

The increased temperatures in urban area can cause by the use of materials with low albedo, changed in vegetation cover to built up areas and human activities such as transport vehicles and air conditioners can produce anthropogenic pollutans in urban areas which vehicle activity by 60% and 30% by industrial, household and waste activities. Urban Heat Island (UHI) is a phenomenon that the temperatures in urban areas are higher than in rural areas. One of mitigation that can reduce the urban temperatures is green open space (GOS) by absorb carbon, canopy and evapotranspiration processes. This study aims to identify the UHI in Surabaya and role of Surabaya's green open spaces (GOS) in its function to help reduce urban temperature. This research was conducted in April to August 2020. The research method includes processing image data from Landsat 8 OLI to obtain LST (Land Surface Temperature), identifying UHIs, and identify carbon sequestration capabilities of green open spaces of the city of Surabaya. Based on analysis result, it is known that the city of Surabaya has the highest temperature of 39°C and the lower temperature of 23,5°C. In the city of Surabaya occurs the phenomenon of UHI which is divided into 3 classes (weak, medium, and strong). The GOS active parks that in class 5 (medium) and 6 (strong) UHI consist of Jemursari, Listia Park, Ex Localization, Taman Manukan Mulyo, Manukan Rejo Blok I, Jl. Asem Jaya Gang 1, Rusun Bandarejo, Manukan Lor, and Manukan Kulon IV. Jemursari active parks has the highest number of plant species that have the ability to absorb carbon than other active parks. Based on linear regression analysis and Pearson correlation, the equation is $y = -1.5x + 0.3$ with a value of $R^2 = 1$, where

UHI and NDVI have a relationship that affects each other and has a negative correlation. So that the higher the UHI, the lower the NDVI.

Keywords: Ecological function, Land Surface Temperature, Green Open Spaces, Urban Heat Island

KATA PENGANTAR

Segala Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Optimalisasi Fungsi Ekologis Ruang Terbuka Hijau Dalam Upaya Mengurangi Dampak Urban Heat Island: Studi Kasus Di Kota Surabaya". Pembuatan tesis ini merupakan syarat untuk memenuhi kelulusan mata kuliah tesis di Program Pasca Sarjana Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama proses pembuatan proposal tesis ini, tentunya penulis mendapatkan bimbingan, arahan, koreksi serta saran, untuk itu rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis sampaikan pada Ibu Dr. Dewi Hidayati, M.Si. selaku Kepala Departemen Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Ibu Dr. Dra. Dian Saptarini, M.Sc. selaku pembimbing dalam penelitian ini sekaligus dosen penguji tesis, Bapak Dr. Nurul Jadid, M.Sc. selaku ketua sidang dan Ibu Indah Trisnawati D T, M.Si., Ph. D selaku penguji dalam penelitan ini. Penulis juga menguncapkan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada orang tua penulis, serta keluarga atas doa dan dukungan yang selalu diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan tema-teman seperjuangan Biologi ITS yang selalu memberikan dukungan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam Tesis ini, namun besar harapan penulis bahwa Tesis ini dapat bermanfaat sebagai referensi bahan kuliah maupun referensi penelitian selanjutnya.

Surabaya, 12 Agustus 2020

Ory Kurnia Ayu Devianti

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS i

ABSTRAK iii

ABSTRACT v

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR TABEL xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 *Urban Heat Island* 5

2.1.1 Definisi *Urban Heat Island* 5

3.1.2 Penyebab Urban Heat Island 9

2.1.3 Dampak Urban Heat Island 11

2.1.4 Mitigasi Urban Heat Island 13

2.2 Ruang Terbuka Hijau (RTH) 19

2.2.1 Definisi RuangTerbuka Hijau 19

2.2.2 Fungsi Ruang Terbuka Hijau 20

2.2.3 RTH Kota Surabaya 22

BAB III METODE PENELITIAN 25

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 25

3.2 Metode Penelitian 25

3.2.1 *Image Preprocessing* 25

3.2.2 Perhitungan Suhu Permukaan Tanah (LST) dan Indeks Vegetasi (NDVI) 26

3.2.3 Perhitungan Intensitas Urban Heat Island 31

3.2.4 Kemampuan Serapan Karbon Vegetasi di RTH kota Surabaya 31

3.2.5 Analisis Data 32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33

4.1 Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya 33

4.2 Urban Heat Island di Kota Surabaya 36

4.3 Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Surabaya 39

4.4 Hubungan Urban Heat Island (UHI) dengan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Surabaya 45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 53

5.1 Kesimpulan 53

5.2 Saran 53

DAFTAR PUSTAKA 55

BIOGRAFI PENULIS 67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sketsa profile *Urban Heat Island* 5

Gambar 2.2 Contoh persebaran LST (*Land Surface Temperature*) dan UHI (*Urban Heat Island*) di Kota Semarang 7

Gambar 2.3 Variasi nilai albedo pada permukaan kota 14

Gambar 2.4 Perbandingan warna pada atap dan kemampuan memantulkan, menyerap dan melepaskan panas matahari 15

Gambar 2.5 Pengaruh tutupan tanaman dalam UHI 16

Gambar 2.6 Peta *landcover* Kota Surabaya tahun 2000 dan 2013 23

Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian 25

Gambar 3.2 Diagram alur untuk pengambilan data LST 27

Gambar 3.3 Diagram alur penelitian 32

Gambar 4.1 Peta Persebaran Suhu Permukaan di Kota Surabaya tahun 2019 33

Gambar 4.2 Peta masing – masing kelas LST di Kota Surabaya tahun 2019 35

Gambar 4.3 Peta Persebaran UHI di Kota Surabaya tahun 2019 36

Gambar 4.4 Peta masing – masing kelas UHI di Kota Surabaya tahun 2019 38

Gambar 4.5 Peta NDVI dan RTH Kota Surabaya 44

Gambar 4.6 Grafik Hasil Regresi UHI dan NDVI di Kota Surabaya tahun 201945

Gambar 4.7 Peta Persebaran RTH di Setiap Kelas UHI di Kota Surabaya 47

Gambar 4.8 Peta Persebaran UHI dan RTH di Kota Surabaya tahun 2019 50

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan *Surface Urban Heat Island* dengan *Atmospheric Urban Heat Island* 8

Tabel 2.2 Rincian band pada Landsat-8 18

Tabel 2.3 Kondisi RTH publik berdasarkan tingkat keterawatan 24

Tabel 3.1 Metadata dari gambar satelit 28

Tabel 3.2 Kategori intensitas *Urban Heat Island*.....31

Tabel 3.3 Tabel inventarisasi vegetasi RTH Kota Surabaya.....32

Tabel 4.1 Luasan area setiap kelas suhu di Kota Surabaya.....34

Tabel 4.2 Luasan area setiap kelass UHI di Kota Surabaya.....39

Tabel 4.3 Keanekaragaman Jenis Tanaman di Area UHI tinggi.....41

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena Pulau Bahang atau *Urban Heat Island* (UHI) menunjukkan daerah permukaan yang relatif hangat, yakni sebagai suhu yang lebih hangat di daerah perkotaan dibandingkan dengan lingkungan di sekitarnya (Fawzi, 2013). UHI juga dapat didefinisikan sebagai perbedaan suhu antara lingkungan terbangun dengan lingkungan alami (sekitarnya) (Phelan dkk., 2015). Pada umumnya suhu udara tinggi terdapat di pusat kota dan akan menurun secara bertahap ke arah pinggir kota sampai ke desa. UHI dapat menyebabkan kenaikan suhu udara di kota sekitar 2-5℃ (Shishegar, 2015). Selain itu Dimoudi dkk (2013) juga mengatakan bahwa daerah perkotaan memiliki suhu yang lebih hangat rata – rata 1.0 – 6.0 ℃ dibandingkan dengan daerah bukan perkotaan terdekat. Fenomena ini banyak terjadi pada kota – kota besar seperti Jakarta (Rushayati dan Hermawan, 2013), Semarang (Delarizka dkk., 2016), Yogyakarta (Fawzi, 2017), Jepang (Kawamoto, 2017), Columbia (Bristow dkk., 2010), London, New York dan Chicago (Yamamoto, 2006). UHI tidak hanya terjadi di kebanyakan kota atau *midlatitude*, tetapi Barrow, Alaska (lat. 71º N) juga mengalami kenaikan suhu sekitar 2℃ (Hinkel dkk., 2003).

Peningkatan suhu di area pusat kota dapat disebabkan karena sinar matahari dan kegiatan manusia, seperti kegiatan industri, transportasi, pendingin ruangan (AC) dan sumber panas antropogenik lainnya (Shishegar, 2014). Selain itu, peningkatan pembangunan gedung dan jalan yang menggunakan bahan yang memiliki kapasitas penyimpanan panas yang tinggi seperti aspal dan beton dapat menyebabkan terjadinya UHI (Akbari dkk., 2001). Pencemaran udara yang disebabkan oleh kendaraan bermotor, kegiatan industri (Bose, 2009 *dalam* Nuruzzaman, 2015), penggunaan AC juga dapat menyebabkan terjadinya UHI. Penggunaan AC (*air conditioner*) yang melepaskan panas yang diserap dari ruangan dan dibuang ke atmosfer (Okwen, 2011 *dalam* Nuruzzaman, 2015), menyebabkan suhu udara di luar lebih hangat sehingga meningkatkan suhu atmosfer (Nuruzzaman, 2015). Kegiatan yang lebih banyak dilakukan di pusat kota,

dapat menyebabkan emisi CO_2 menjadi tinggi di area tersebut. Sedangkan CO_2 dapat menyimpan panas, sehingga menyebabkan peningkatan suhu udara (Nuruzzaman, 2015). Kegiatan pembangunan yang diikuti dengan perubahan tutupan lahan dari ruang terbuka hijau (RTH) menjadi lahan terbangun menjadikan hilang/berkurangnya efisiensi pendinginan dari RTH (Akbari *et al*, 2001 *dalam* Nuruzzaman, 2015).

Surabaya merupakan sebuah kota metropolitan yang mempunyai volume lalu lintas yang sangat tinggi. Volume lalu lintas yang tinggi akan menimbulkan konsekuensi terhadap peningkatan pencemaran udara yang sangat tinggi (Abubakar, 2006). Kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60%, selebihnya sektor industri 25%, rumah tangga 10% dan sampah 5% (Saepudin dan Admono, 2005). Data Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, menunjukkan tingkat kepemilikan kendaraan bermotor bertambah sekitar 10% setiap tahunnya dengan didominasi kendaraan bermotor roda empat dan roda dua (Anonim, 2016). Salah satu upaya untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh transportasi adalah dengan RTH (Ruang Terbuka Hijau). Tanaman yang ada pada RTH dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) yang berasal dari emisi transportasi (Pasaribu dan Tangahu, 2015).

Kota Surabaya, sebagai kota terbesar kedua di Indonesia, salah satu misi pembangunan kotanya (RTRW kota Surabaya tahun 2012 – 2032) adalah meningkatkan kualitas penataan ruang kota dan infrastruktur kota yang menjamin aksesibilitas publik berwawasan lingkungan dan nyaman. Penetapan misi tersebut merupakan upaya untuk mewujudkan pengembangan kota ekologis dengan salah satu indikatornya adalah penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Data dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya (BAPPEKO) pada tahun 2015, menunjukkan bahwa luas RTH Surabaya yang dikelola oleh DKP (RTH Publik) sampai tahun 2014 sebesar 6.840,04 Ha atau 20,70% dari keseluruhan luas Surabaya. RTH Surabaya meliputi: RTH publik dan RTH privat (Permen PU No. 05/PRT/M/2008). Bilgili (2012) mengelompokkan RTH publik terdiri dari taman kota (*park*), ruang hijau alami dan ruang hijau konservasi (*natural and protected green space*). Sedangkan RTH privat terdiri dari taman pribadi (*private graden*), tanah institusi (*institutional land*). Manifestasi RTH publik Kota Surabaya berupa

RTH tepi/tengah jalan, taman pasif, monumen dan gerbang kota, taman aktif, lapangan olahraga, makam, hutan kota, kebun bibit, RTH pengaman jalur KA, SUTT, sungai dan *buffer zone* (Bappeko, 2012). Ernawati (2015) menjelaskan bahwa dari jenis – jenis RTH di kota Surabaya, RTH berupa makam dan taman kota saja yang cukup optimal berperan secara ekologi berdasar persentase RTH terhadap luasan wilayah (luasan 50% < RTH < 80%). Namun demikian fungsi ekologis lain dari RTH kota Surabaya, seperti kemampuan menyerap polutan Fe, Cu, Zn, CO_2 (Rai, 2016; Vita *et al*, 2017), mengurangi kebisingan (Davies *et al*, 2008), dan kemampuan menurunkan UHI (Yang dkk., 2005) belum teridentifikasi. Berdasar latar belakang tersebut dilakukan analisis fungsi/peran ekologis RTH kota Surabaya berdasarkan kemampuannya untuk menurunkan suhu (mikro) lingkungan atau LST (Land Surface Temperature) sebagai upaya mitigasi *Urban Heat Island* (UHI).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini meliputi:

1. Apakah terdapat fenomena Urban Heat Island di Kota Surabaya?
2. Bagaimana kemampuan serapan karbon dioksida dan suhu dari RTH di Kota Surabaya dalam upaya mengurangi Urban Heat Island?
3. Bagaimana cara mengoptimalkan fungsi/peran ekologis RTH di Kota Surabaya dalam upaya mengurangi fenomena Urban Heat Island?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Voogt (2007) menyatakan, ada tiga jenos tipe pendekatan untuk mengukur UHI, yaitu dengan mengukur ketinggian Urban Canopy Layer, Planetery Boundary Layer dan Suhu Permukaan. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu permukaan.
2. Urban Heat Island disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah pencemaran udara. Pencemaran udara di kota Surabaya didominasi oleh sumber pencemar berupa kendaraan bermotor (60%). Berdasar hal tersebut analisis peran ekologis RTH dikaitkan dengan kemampuan tanaman dalam menyerap CO_2 sebagai penyebab UHI.

3. Ruang terbuka hijau yang diamati dalam penelitian adalah RTH publik dalam bentuk taman kota, karena prosentasenya yang tinggi (23%) dan terdistribusi secara luas di kota Surabaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini meliputi:

1. Mengidentifikasi keberadaan fenomena UHI di Kota Surabaya.
2. Memprakirakan kemampuan RTH dalam bentuk taman kota dalam menyerap emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari aktivitas transportasi
3. Mengidentifikasi RTH (taman kota) yang perlu dilakukan optimalisasi tanaman di RTH (taman kota) kota Surabaya berdasarkan kemampuan menyerap karbon dioksida untuk menurunkan suhu udara (mikro) lingkungan dan emisi karbon di Kota Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

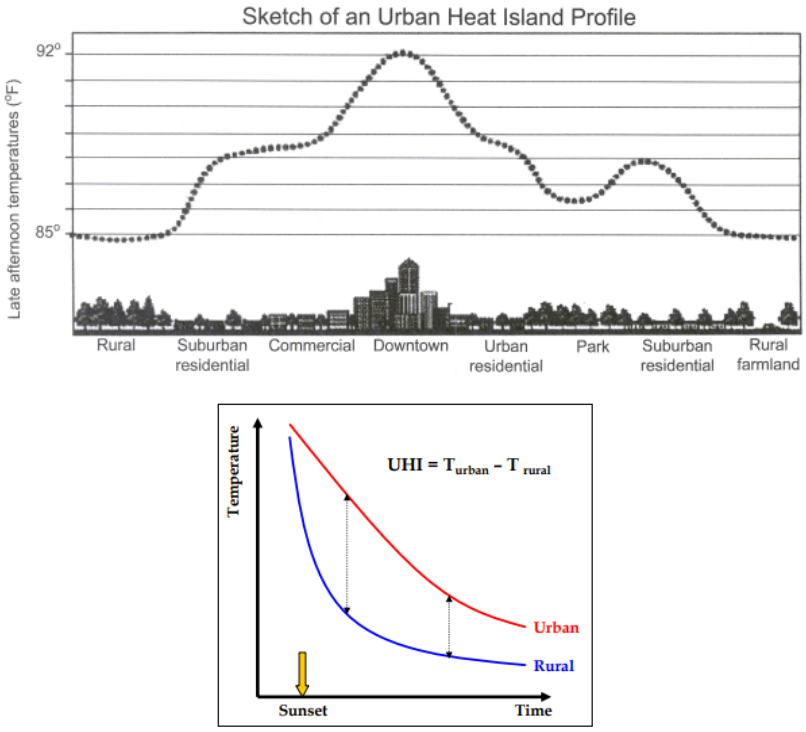
Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu peninjauan kondisi Ruang Terbuka Hijau dalam menangani fenomena Urban Heat Island di Kota Surabaya. Sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam upaya optimalisasi Ruang Terbuka Hijau oleh para pengambil kebijakan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Urban Heat Island*

2.1.1 Definisi *Urban Heat Island*

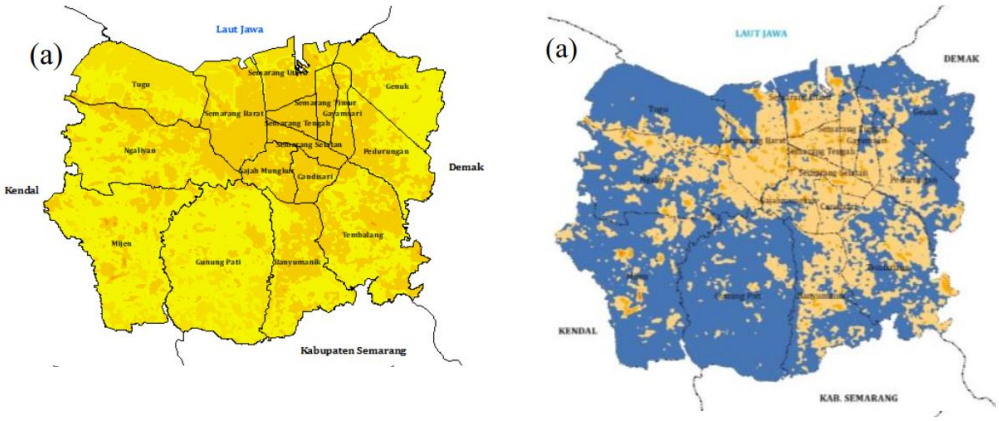
Urban Heat Island (UHI) adalah suatu fenomena dimana suhu udara pada wilayah yang padat bangunan atau kawasan perkotaan lebih tinggi daripada suhu udara di wilayah dengan ruang terbuka yang lebih banyak atau wilayah pedesaan (Jatayu dan Susetyo, 2017). Menurut Yang (2004), UHI terjadi ketika suatu area digambarkan seperti pulau udara dengan permukaan panas yang terpusat di area urban (kota), temperaturnya semakin menurun ke arah sub urban dan rural. Dampak negatif urban heat island lebih tinggi pada area yang didominasi lahan terbangun. *Urban heat island* sudah menjadi masalah di banyak kota di dunia diantaranya di Los Angeles, London, Bogota, beberapa kota di Swedia, Philadelphia, dan di Guangzhou. Efek pulau bahang sudah menjadi perhatian dunia yang harus segera diatasi, karena semakin banyak kota – kota yang mengalami efek pulau bahang, akan menyebabkan semakin tingginya laju peningkatan pemanasan global (Rushayati, 2013).

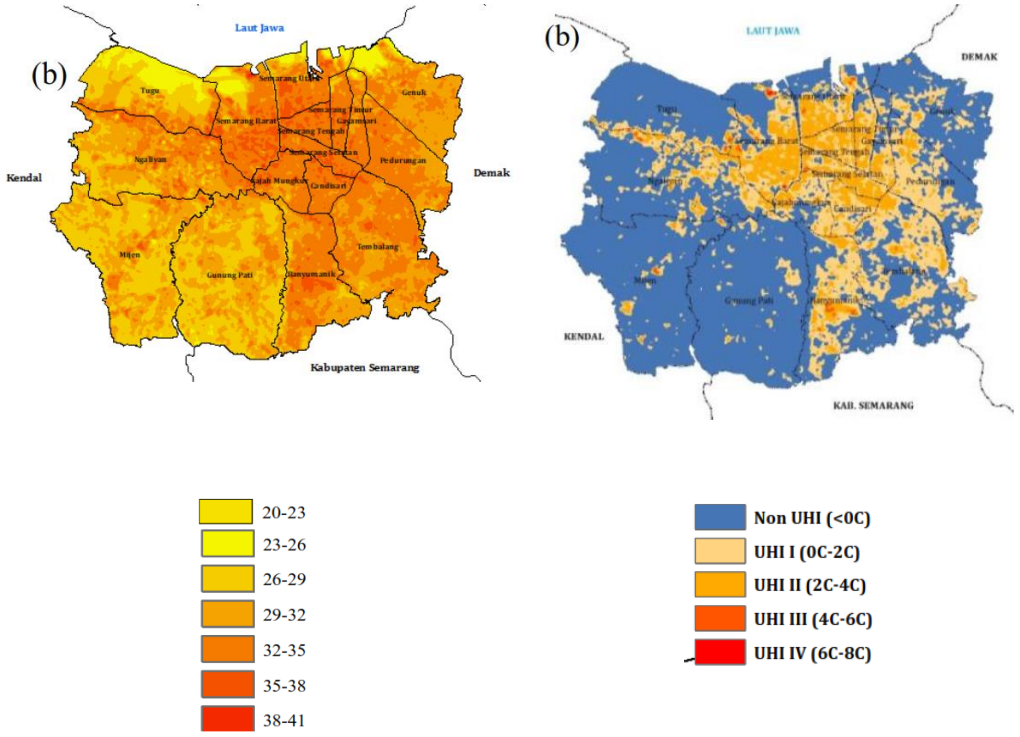


Gambar 2.1 Sketsa profile *Urban Heat Island* (Stone dan Rodgers, 2001; Budhiyanto, 2018).

UHI adalah suatu fenomena dimana suhu udara kota yang padat bangunan lebih tinggi daripada suhu udara terbuka di sekitarnya baik di desa maupun pinggir kota. Daerah urban (perkotaan) sering mempunyai suhu lebih tinggi 1 – 6 ℃ dibandingkan daerah sekitarnya (daerah pinggiran/rural). Fenomena ini yang dikenal sebagai "Pulau Panas Perkotaan" atau "*Urban Heat Island*" (UHI). Fenomena ini pertama kali ditemukan oleh Luke Howard, seorang ahli meteorology pada tahun 1818. Pada umumnya suhu udara tertinggi akan terdapat di pusat kota akan menurun secara bertahap ke arah pinggir kota sampai ke desa. Suhu tahunan rata – rata di kota lebih besar sekitar 3℃ dibandingkan dengan pinggir kota (Landsberg, 1981 *dalam* Aditya dkk., 2012). Fenomena ini terlihat pada sore dan malam hari, dimana suhu udara daerah pinggiran kota lebih cepat turun daripada daerah perkotaan. Hal ini disebabkan daerah perkotaan menyimpan energi panas lebih lama daripada daerah pinggiran kota. Energi panas tersebut dilepaskan saat malam hari sehingga menyebabkan perbedaan kapasitas penurunan suhu permukaan lahan antara daerah perkotaan dengan daerah pinggiran kota. Selain itu, daerah perkotaan menerima energi panas dari kendaraan dan bangunan lebih tinggi daerah pinggiran kota (Budhiyanto, 2018).

LST (*Land Surface Temperature*) UHI (*Urban Heat Island*)





Gambar 2.2 Contoh persebaran LST (*Land Surface Temperature*) dan UHI (*Urban Heat Island*) di Kota Semarang (Darlina dkk., 2018).

UHI timbul karena pola isotherm yang membentuk seperti pulau. Besarnya pola yang timbul tergantung dari daerah yang terurbanisasi. Pola ini akan membentuk gradien suhu yang membentuk mulai dari daerah pinggiran sampai memuncak di pusat kota. Perbedaan suhu antara urban dan desa disekelilingnya dapat mencapai 12°C pada kota – kota metropolitan. Di dalam wilayah terbangun, pola ini dipengaruhi secara lokal oleh adanya ruang terbuka hijau seperti taman kota, badan air, dan banyak sedikitnya ruang terbangun (Voogt, 2002). Pola spasial isotherm biasanya mengikuti daerah terurbanisasi. Pola topografi (pesisir ataau lokasi lembah) juga dapat menambah kompleksitas terhadap karakteristik spasial UHI. Besarnya heat island atau intensitas heat island diukur dari perbedaan diantara suhu udara rural dan suhu tertinggi di daerah urban (Voogt, 2002).

Fenomena UHI yang terjadi di Kota Surabaya ditunjukkan dengan rata – rata suhu udara udara yaitu sekitar 24°C pada rata – rata minimum dan 35°C rata – rata maksimum (Bernales, 2016). Suhu tertinggi di Kota Surabaya pada tahun 2014 mencapai 36°C (Noviyanti, 2016). Berdasarkan hasil analisis tren suhu yang

dilakukan oleh BMKG, wilayah Kota Surabaya memiliki tren peningkatan suhu yang tertinggi, yaitu sebesar 0,5°C/10 tahun (Jatayu dan Susetyo, 2017).

Berdasarkan efeknya, UHI dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *Surface – Urban Heat Island* dan *Atmospheric – Urban Heat Island*.

a) Surface – Urban Heat Island

Adalah perbedaan suhu yang dihasilkan oleh pengukuran secara tidak langsung yaitu dengan analisis thermal dari citra atau pengukuran di permukaan lahan. Suhu yang diukur adalah suhu permukaan wilayah (atap bangunan, jalan raya, permukaan danau, kanopi vegetasi) (Wicahyani dkk., 2014).

b) Atmospheric – Urban Heat Island

Adalah suhu yang dihasilkan dari pengukuran suhu udara ambien (Wicahyani dkk., 2014). Macam *Atmospheric – Urban Heat Island*:

1. Urban Boundary Layer

Yaitu bagian atmosfer dengan skala lokal hingga meso, yang karakteristiknya dipengaruhi oleh permukaan kota secara umum. Secara fisik dapat digambarkan bahwa lapisan ini adalah rata – rata ketinggian bangunan (atap) suatu kota hingga ke atas.

2. Urban Canopy Layer

Skala atmosfer ini menghasilkan skala mikro yang prosesnya dipengaruhi oleh bangunan – bangunan yang ada dalam kota. Secara fisik, laisan ini adalah lapisan ketinggian bangunan (atap) hingga ke bawah (Jain dan Sarkar, 2017).

Tabel 2.1 Perbedaan *Surface Urban Heat Island* dengan *Atmospheric Urban Heat Island* (Wicahyani dkk., 2014).

Ciri/Sifat	**Surface UHI**	**Atmospheric UHI**
Dinamika	Terbentuk sepanjang waktu, siang dan malam Intensif pada siang hari dan musim panas	Nilai kecil atau bahkan tidak ada pada siang hari Intensif pada malam hari dan musim dingin
Kondisi puncak	Lebih bervariasi secara temporal maupun spasial - Siang : 10 – 15°C	Kurang bervariasi - Siang : 1 – 3°C - Malam : 7 - 12°C

	- Malam: 5 – 10°C	
Metode Identifikasi	Pengukuran tidak langsung, menggunakan penginderaan jauh	Pengukuran langsung dengan stasiun suhu atau transek wilayah
Bentuk tampilan	Data thermal (citra)	Peta Isothermal Grafik/tabel suhu

3.1.2 Penyebab Urban Heat Island

Fenomena *Heat Island* ditandai dengan adanya suatu daerah yang memiliki suhu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya. *Urban heat island* (UHI) atau pulau panas perkotaan dapat ditimbulkan oleh perubahan tata guna lahan. Umumnya fenomena ini terjadi di perkotaan dengan bangunan atau gedung – gedung dan jaringan jalan yang rapat atau daerah industri yang padat dikelilingi pinggiran kota atau lahan bervegetasi (Aditya dkk., 2012).

2.1.2.1 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca memerangkap energi matahari di atmosfer dengan demikian menyebabkan pemanasan di atmosfer. Di area perkotaan, sumber dari emisi gas rumah kaca yang utama adalah transportasi, kegiatan industri, dan pemanasan bangunan dengan bahan bakar fosil (Giguere, 2012).

2.1.2.2 Berkurangnya Tutupan Vegetasi

Kepadatan kota yang bertambah secara bertahap dan pengembangan infrastruktur di perkotaan di beberapa decade terakhir adalah penyebab utama UHI. Hilangnya vegetasi berarti hilangnya pendingin di daerah perkotaan. Vegetasi memainkan peran penting dalam mencegah penumpukan panas melalui proses evapotranspirasi dan naungan (tanah dan bangunan). Selama proses evapotranspirasi uap air, udara sekitar menjadi dingin, dan melepaskan sebagian panas dalam pengupan (Giguere, 2012). Perubahan tutupan tanah menghasilkan sedikit naungan dan kelembapan untuk menjaga daerah perkotaan tetap dingin. Area yang dibangun menguapkan sedikit air, yang berkontribusi meningkatkan

suhu permukaan. Vegetasi juga berkontribusi pada manajemen air hujan yang efektif dan kualitas udara yang lebih baik di perkotaan (Giguere, 2012).

2.1.2.3 Panas antropogenik

Produksi panas antropognik seperti panas yang dihasilkan oleh kendaraan, AC, dan aktivitas industri merupakan faktor lain yang berperan terhadap peningkatan UHI, terutama di daerah perkotaan yang merupakan pusat kegitaan manusia (Giguere, 2012).

2.1.2.4 Penggunaan material kedap air

Intensifikasi urbanisasi menyebabkan perubahan jenis tutupan lahan. Tanah alami berubah menjadi bahan kedap air, seperti aspal dan bahan bangunan, sehingga tidak tersedianya fungsi penyaringan dan penyerapan air, serta memodifikasi jalur alami air hujan. Laju infiltrasi tanah di perkotaan hanya 15% dan jumlah limpasan air hujan adalah 55%, sedangkan di lingkungan alami, sekitar 50% air hujan menginfiltrasi tanah dan 10% mengalir ke aliran (Giguere, 2012). Dengan membatasi ketersediaan air di perkotaan, proses pendinginan alami, seperti penguapan di tanah dan evapotranspirasi tanaman, menjadi terbatas dan tidak dapat mengimbangi pemanasan kota (Giguere, 2012).

2.1.2.5 Sifat thermal material

Permukaan yang tidak dapat tembus dan bahan bangunan mempengaruhi kondisi iklim mikro dan kenyamanan thermal, karena material tersebut menyerap panas yang cukup di siang hari, kemudian dilepaskan kembali ke atmosfer di malam hari, sehingga berkontribusi terhadap UHI. Material dengan albedo yang rendah ini dapat mencapai suhu 80℃ di musim panas. Perencana kota dan arsitek memilih bahan berdasarkan berbagai persyaratan Teknik seperti keamanan, daya tahan dan biaya, dan hanya sedikit memperhatikan pertimbangan dari segi lingkungan (Giguere, 2012).

2.1.2.6 Morfologi perkotaan dan ukuran kota

Morfologi perkotaan yang berhubungan dengan bentuk tiga dimensi, orientasi dan jarak bangunan di kota juga berperan dalam pembentukan UHI. Bangunan yang besar dan jalan sempit dapat menghambat ventilasi pusat kota, sehingga panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari dan manusia menumpuk dan terperangkap. Selain itu, morfologi perkotaan juga dapat mempengaruhi lalu lintas kendaraan dan menambahkan input panas dan polusi udara dari transportasi (Giguere, 2012).

2.1.3 Dampak Urban Heat Island

Urban Heat Island (UHI) adalah karakteristik panasnya daerah urban dibandingkan dengan daerah non – urban yang mengelilinginya. Secara umum, UHI mengacu pada peningkatan suhu udara, tetapi UHI dapat juga mengacu pada panas relative sebuah permukaan atau material di atasnya. UHI di kota beriklim panas sangat tidak menguntungkan karena menyebabkan kapasitas udara semakin banyak menyimpan udara panas dibandingkan udara dinginnya, selain itu juga meningkatkan ketidaknyamanan manusia, dan meningkatkan konsentrasi polusi udara. Meningkatnya jumlah polusi di dunia, terutama pada negara berkembang, berarti akan meningkatkan intensitas UHI di negara tersebut yang akan mempengaruhi kehidupan manusia (Voogt, 2002).

2.1.3.1 Meningkatnya Konsumsi Energi dan Air

Peningkatan suhu di kota karena UHI dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi energi untuk pendingin udara (AC) yang memberikan kenyamanan di rumah, kantor, gedung dan kendaraan. Puncak permintaan listrik perkotaan meningkat 1,5 hingga 2 persen untuk setiap kenaikan 0.6℃ suhu pada musim panas. Suhu di daerah perkotaan yang terus meningkat menyebabkan peningkatan permintaan listik 5 hingga 10 persen untuk mengimbangi UHI. Dampak UHI semakin memburuk karena penggunaan pendingin udara (AC) karena pembuangan udara panas dari pendingin udara yang menyebabkan penurunan kualitas udara dan meningkatkan suhu (Jain dan Sarkar, 2017).

2.1.3.2 Meningkatnya Emisi Polusi Udara dan Efek Rumah Kaca

UHI menyebabkan peningkatan permintaan energi dan memberikan beban tambahan pada pembangkit listrik yang menghasilkan listrik dari pembakaran bahan bakar fosil dan menghasilkan polutan seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NOx), *Particulate Matter* (PM), karbon monoksida (CO), merkuri (Hg), karbon dioksida (CO_2), gas rumah kaca, juga merupakan residu utama dari pembangkit listrik dan berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim.

UHI juga berkontribusi terhadap pembentukan kabut asap yang terutama berupa partikel halus dan ozon troposfer. Suhu udara yang tinggi meningkatkan laju pembentukan ozon di permukaan tanah, yang dihasilkan ketika nitrogen oksida bereaksi dengan senyawa organik yang mudah menguap ketika terkena sinar matahari (Akbari dkk., 2001 *dalam* Jain dan Sarkar, 2017). Kualitas udara dalam ruangan juga terpengaruh karena peningkatan panas, seperti meningkatkan pertumbuhan tungau, jamur dan bakteri dan juga menyebabkan terjadinya pelepasan zat beracun, seperti formaldehid yang ditemukan dalam lem yang digunakan dalam pembuatan furniture (Salomon & Aubert, 2004 *dalam* Jain dan Sarkar, 2017).

2.1.3.3 Kesehatan dan Kenyamanan Manusia Terganggu

UHI menyebabkan berkurangnya perbedaan antara suhu siang dan malam hari dan peningkatan tingkat polusi udara yang mempengaruhi kesehatan manusia karena menyebabkan ketidaknyamanan suhu, masalah pernapasan, kelelahan, dan kematian terkait panas lainnya. Populasi sensitif lebih rentan terhadap efek UHI, seperti orang dengan penyakit kronis, orang tua, anak – anak, pekerja luar ruangan, orang dengan status sosial ekonomi rendah, dan orang yang terlibat dalam kegiatan luar ruangan yang berat (Jain dan Sarkar, 2017).

2.1.3.4 Degradasi Kualitas Perairan

Adanya penurunan kualitas air sungai, sungai, dan danau karena polusi panas yang disebabkan oleh hujan badai, dari permukaan kota yang panas seperti trotoar, atap rumah, dan lain – lain. Menurut penelitian, hujan dari daerah

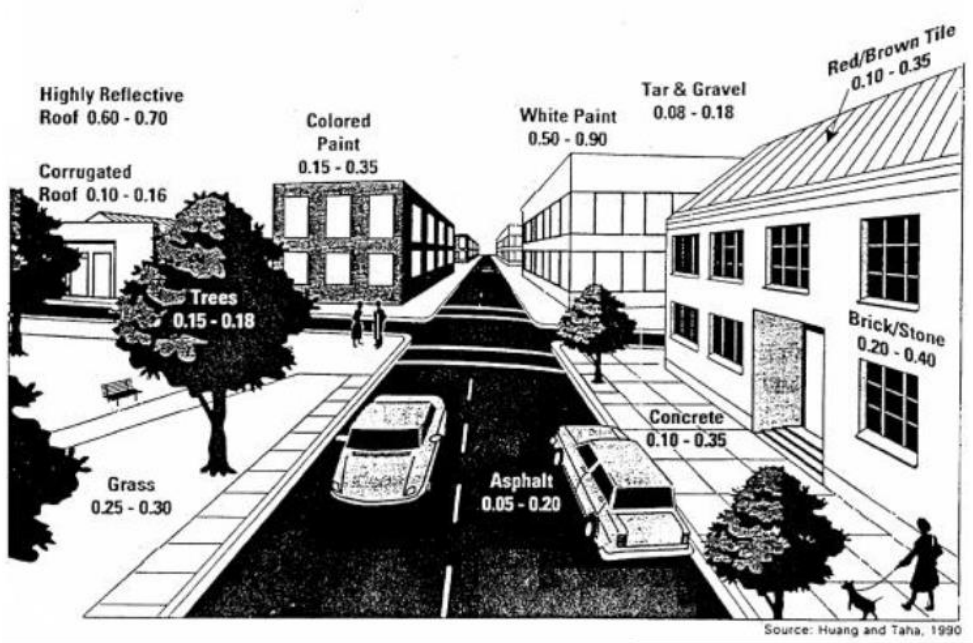
perkotaan sekitar 11-17°C lebih panas daripada hujan dari daerah pedesaan terdekat di musim panas ketika suhu trotoar di siang hari adalah 11-19°C di atas suhu udara. Ketika hujan datang sebelum trotoar berpeluang memanas, suhu limpasan dari daerah pedesaan dan perkotaan berbeda sekitar dari 2°C. Peningkatan suhu air di permukaan badan air mempengaruhi kehidupan akuatik dan berfungsinya seluruh ekosistem akuatik (EPA, 2003 *dalam* Jain dan Sarkar, 2017).

2.1.4 Mitigasi Urban Heat Island

Mitigasi terhadap urban heat island perlu dirancang untuk meminimalisir dampak buruk yang dapat terjadi. Mitigasi dapat dilakukan dengan menganalisa faktor- faktor pemicu terjadinya UHI, misalnya dengan menetapkan arahan pembangunan, penggunaan model rumah atau bangunan yang ramah lingkungan, dan arahan mengurangi produksi karbon (Darlina dkk., 2018).

2.1.4.1 Albedo (*Solar Reflectance*)

Jenis bahan Albedo adalah rasio antara panas yang dipantulkan dan panas yang diserap. Albedo dipengaruhi oleh warna dan tekstur permukaan material. Semakin gelap warnanya, semakin mudah menyimpan bahan panas dan bahan yang cerah, semakin mudah memantulkan panas. Nilai rentang albedo adalah antara 0 dan 1 di mana 0 mengacu pada bahan warna gelap (hitam) yang menyerap panas sempurna, sedangkan 1 merujuk bahan warna cerah (putih). Permukaan material yang lebih halus, semakin tinggi panas (100% terpantulkan) seperti diilustrasikan dalam **Gambar 2.3**.



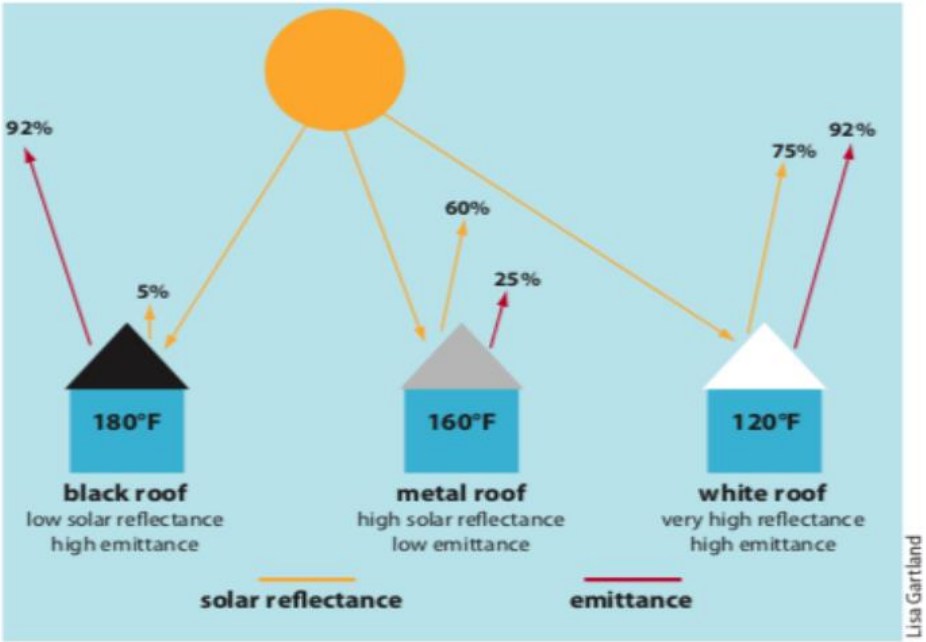
Gambar 2.3 Variasi nilai albedo pada permukaan kota (Pratiwi, 2018)

Bahan bangunan dan jalan, seperti tar, aspal, dan batu bata, memiliki permukaan gelap dengan albedo rendah menyebabkan panas diserap pada siang hari dan dilepaskan pada malam hari. Penggunaan material dengan tinggi Albedo sangat dianjurkan, karena itu akan mengurangi jumlah panas yang diserap oleh penutup permukaan tanah daerah perkotaan (Taha dan Huang, 1988).

Nurul EM dan Nasarudin (2011) dan Kolokotsa dkk., (2012) menyatakan bahwa bahan konvensional penutup atap, seperti: tanah liat, beton, logam, asbes, dan seng dapat disesuaikan dengan peningkatan fluks panas dari suhu udara permukaan disekitarnya. Selain itu warna bahan penutup atap akan mempengaruhi konsumsi energi dari bangunan. Warna cerah yang memantulkan lebih banyak panas akan mengurangi panas dikirim ke ruang gedung, sehingga energi untuk pendinginan udara dalam ruangan dapat dikurangi. Jenis bahan penutup atap yang dapat mengurangi UHI adalah atap dingin dan atap hijau.

Atap dingin memantulkan dan memancarkan panas sekitar dari 28 - 33 °C tutupan permukaan atap (EPA, 2012). Hampir sama dengan trotoar dingin, cat warna cerah dari atap dingin memiliki albedo tinggi dan permukaannya memantulkan radiasi matahari untuk mengurangi panas yang diserap. Perbandingan atap warna putih dari atap dingin dengan atap dengan bahan konvensional berwarna gelap diilustrasikan dalam **Gambar 2.4**. Atap dingin relatif

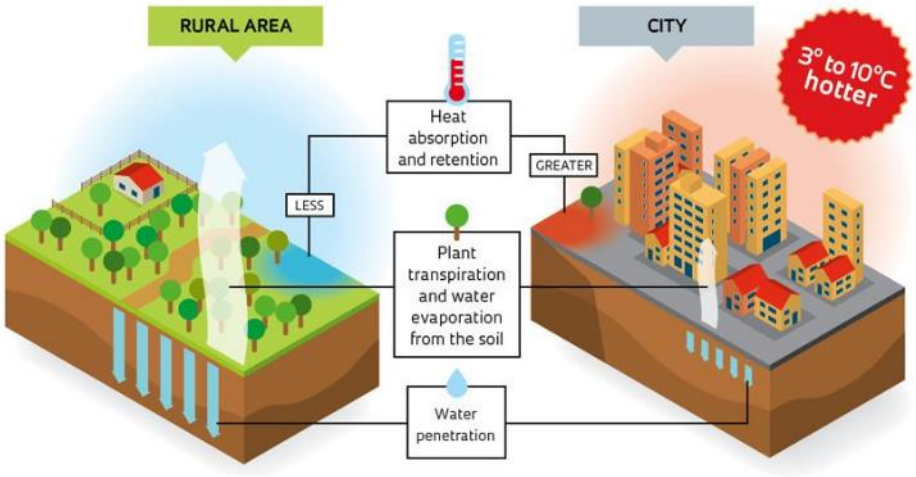
lebih baik untuk mengurangi UHI dari atap berbahan konvensional (Akbari et al, 2012; Santamouris, 2012)



Gambar 2.4 Perbandingan warna pada atap dan kemampuan memantulkan, menyerap dan melepaskan panas matahari (Pratiwi, 2018).

2.1.4.2 Ruang Terbuka Hijau

Penghijauan yang dilakukan di area perkotaan dapat mempengaruhi suhu udara melalui proses yang berbeda. Salah satu proses dan yang paling mendasar adalah evapotranspirasi yang berarti hilangnya air dari tanaman dalam bentuk uap ke atmosfer. Proses ini menggunakan energi matahari dan meningkatkan panas yang berlebihan. Daun mendinginkan udara melalui evapotranspirasi sehingga suhu udara di sekitar daun berkurang (Shishegar, 2014). Evapotranspirasi dapat mempengaruhi proses pendinginan secara signifikan dan mendinginkan suhu udara di sekitar RTH hingga 2 – 8°C dibandingkan dengan daerah sekitarnya (Shishegar, 2014).



Gambar 2.5 Pengaruh tutupan tanaman dalam UHI (TERI, 2017).

Selain dengan evapotranpirasi, vegetasi mengurangi suhu udara di sekitar dengan kanopi atau tutupan, sehingga permukaan menerima lebih sedikit radiasi matahari. Hal ini menyebabkan energi matahari yang diserap lebih sedikit dan dikonversi menjadi energi panas. Selain itu, vegetasi dapat mempengaruhi pergerakan udara dan pertukaran panas (Bonan, 1997 *dalam* Shishegar, 2014). Hal ini tergantung jenis tumbuhan. Misalnya, pohon mungkin menyimpan udara hangat di bawah kanopi, berbeda dengan lapangan rumput terbuka yang memberikan resistensi yang rendah terhadap aliran udara dapat meningkatkan pendinginan dengan konveksi (Bowler, 2010 *dalam* Shishegar, 2014).

2.1.5 Metode Pengukuran UHI

Pengukuran UHI dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran secara langsung melalui stasiun cuaca atau survei lapangan (in situ), dan pengukuran menggunakan teknik penginderaan jauh. Dalam skala regional, pengukuran in situ memiliki kelemahan dari segi waktu, biaya dan terdapat masalah akurasi dalam interpolasi data spasial. Sedangkan penggunaan teknologi penginderaan jauh cukup tepat untuk mendapatkan data permukaan bumi yang semakin kompleks dan dengan wilayah kajian yang cukup luas, sebagai alternative selain menggunakan pengukuran in situ. Selain itu, penggunaan penginderaan jauh melalui algoritma yang tepat dapat memiliki hasil yang mendekati pengukuran in situ (Sobrino dkk., 2004).

Pada umumnya dalam penginderaan jauh digunakan media gelombang elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek atau fenomena yang akan dikaji. Terdapat tujuh buah elemen terkait dalam penginderaa jauh, yaitu sumber energi yang akan menghasilkan gelombang elektromagnetik (EM); radiasi dan atmosfer; interaksi gelombang EM dengan target, perekaman energi oleh sensor; transmisi, penerimaan, dan proses gelombang EM; interpretasi dan analisis; serta aplikasi dari informasi yang diperoleh pada suatu masalah atau pengkajian informasi yang lebih mendalam mengenai suatu target di bumi (Aditya dkk., 2012).

Penggunaan metode penginderaan jauh menjadi kebutuhan yang tidak dapat dihindarkan, terutama terkait dengan efisiensi dan keefektifakn analisis perkotaan (Weng, 2009). Keuntungan menggunakan data penginderaan jauh adalah tersedianya data dengan resolusi yang cukup tinggi, konsisten, pengulangan perekaman, dan kemampuan dalam mengukur/merekam kondisi permukaan bumi dengan baik (Kuenzer dkk., 2013 dalam Fawzi, 2017).

Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) adalah salah satu parameter utama dalam proses fisik permukaan tanah pada skala regional dan global yang telah banyak diterapkan pada hidrologi, meteorology, dan keseimbangan energi permukaan (Meng dkk., 2019). LST merupakan faktor penting dalam banyak bidang studi, seperti perubahan iklim global, proses hidrologi dan pertanian, dan penggunaan lahan/tutupan lahan perkotaan (Rajeswari dan Mani, 2014). LST suatu area ditentukan berdasarkan kecerahan suhu (*brightness temperature*) dan LSE (*Land Surface Emissivity*) menggunakan algoritma SW (*Split – Window*) (Karimi dkk., 2017). Sifat fisik perkotaan yang meliputi warna, geometri jalan, beban lalu lintas, dan aktivitas antropogenik merupakan faktor penting yang menentukan LST di perkotaan (Chudnovsky dkk., 2004 *dalam* Karimi dkk., 2017). Informasi yang diperoleh dari suhu permukaan dapat memberikan informasi yang berguna dalam studi berbagai fenomena termasuk analisis UHI, deteksi anomali suhu terkait dengan gempa bumi, identifkasi sumber daya panas bumi, kekeringan, dan pemantauan kebakaran (Karimi dkk., 2017).

Citra Landsat secara luas digunakan untuk analisis UHI karena terkait resolusi spasial yang lebih tinggi dibandingkan citra satelit NOAA – AVHRR dan MODIS (Rasul dkk., 2017). Untuk sensor NOAA – AVHRR walaupun dengan

resolusi 1,1 km dapat digunakan untuk analisis UHI, akan tetapi eror mencapai 2,4 °C (Stathopoulou & Cartalis, 2009). Untuk citra sensor MODIS dengan resolusi 250 m mampu memberikan analisis UHI yang lebih baik dari NOAA – AVHRR (Fawzi, 2017).

Landsat 8 (sebelumnya *Landsat Data Continuity Mission*, LDCM) telah diluncurkan pada tahun 2013 (Meng dkk., 2019). Landsat 8 memiliki siklus yang berulang 16 hari; setiap jalur/baris WRS-2 dilewati setiap 16 hari dan dapat diperoleh maksimum 22 atau 23 kali per tahun, memiliki orbit *Sun – Synchronous* yang orbit pada ketinggian 705 km (Roy dkk., 2014). Satelit Landsat 8 membawa 2 sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) (Roy dkk., 2014; Morfitt dkk., 2015). OLI memiliki dua pita panjang gelombang reflektif tambahan : pita panjang gelombang baru yang lebih pendek (0,43 – 0,45 μm) (Tabel 2) yang bertujuan untuk meningkatkan kepekaan terhadap klorofil dan bahan tersuspensi lainnya di perairan pesisir dan untuk mendapatkan kembali sifat aerosol atmosfer dan pita inframerah gelombang pendek baru (1,36 – 1,39 μm) untuk mendeteksi awan cirrus (Roy dkk., 2014). Sensor inframerah thermal atau thermal infrared sensor (TIRS) dengan dua saluran inframerah termal yang ditambahkan ke Landsat 8 untuk membantu deteksi UHI, gunung berapi, dan kebakaran hutan (Meng dkk., 2019). Dua pita TIRS memungkinkan koreksi atmosfer dengan panjang gelombang thermal dan pengambilan suhu permukaan dan emisivitas yang lebih bagus (Roy dkk., 2014).

Tabel 2.2 Rincian band pada Landsat 8 (Roy dkk., 2014; Jeevalakshmi dkk., 2017)

Band Landsat 8	**Resolusi (m)**	**Panjang Gelombang (μm)**
Band 1 – blue (coastal aerosol)	30	0.43 – 0.45
Band 2 – blue	30	0.45 – 0.51
Band 3 – green	30	0.53 – 0.59
Band 4 – red	30	0.64 – 0.67
Band 5 – near infrared	30	0.85 – 0.88
Band 6 – shortwave infrared (SWIR – 1)	30	1.57 – 1.65
Band 7 – shortwave infrared (SWIR – 2)	30	2.11 – 2.29

Band 8 – pankromatik	15	0.50 – 0.68
Band 9 – cirrus	30	1.36 – 1.38
Band 10 – thermal Infrared (TIRS)	100	10.60 – 11.19
Band 11 – thermal Infrared (TIRS)	100	11.50 – 12.51

2.2 Ruang Terbuka Hijau (RTH)

2.2.1 Definisi RuangTerbuka Hijau

Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007, menyatakan bahwa ruang terbuka adalah ruang – ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas baik dalam bentuk area/kawasan maupun dalam bentuk area memanjang/jalur dimana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan. Sedangkan ruang terbuka hijau kawasan perkotaan (RTHKP) adalah bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh berbagai tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

Ruang terbuka hijau adalah ruang lapang yang di dalamnya berisi tanaman baik berupa tanaman disepanjang jalan, bergerombol, taman, hutan kota (Nugradi, 2009). RTH merupakan salah satu bagian utama dari pembangunan dan pengelolaan ruang – ruang kota dalam upaya mengendalikan kapasitas dan kualitas ekosistem kota dan juga untuk meningkatkan kesejahteraan warga.

Berdasarkan fisik, RTH dapat dibedakan menjadi RTH alami dan RTH non alami/binaan adalah RTH yang terdiri dari taman, lapangan olahraga, makam dan jalur – jalur hijau jalan (Permen Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008).

Berdasarkan struktur ruang, RTH dapat dibedakan menjadi dua, yakni RTH dengan pola ekologis (RTH yang memiliki pola mengelompok, memanjang dan tersebar) dan RTH dngan pola planologis (RTH yang memiliki pola mengikuti hirarki dan struktur ruang perkotaan) (Permen Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008).

Berdasarkan kepemilikan, terdiri atas RTH publik dan RTH privat. RTH publik terdiri dari taman kota, hutan kota, jalur hijau jalan, RTH rel KA, jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi, RTH sempadan sungai, RTH sempadan pantai,

RTH pengamanan sumber air baku, serta RTH pemakaman (Permen Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008).

2.2.2 Fungsi Ruang Terbuka Hijau

Secara ekologis, RTH berperan penting sebagai pengendali iklim yakni sebagai produsen oksigen, serta sebagai peredam kebisingan. Dan secara estetika, RTH dapat berfungsi dalam meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota, serta menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota. Sedangkan fungsi RTH ditinjau dari aspek sosial budaya, dapat menjadi ruang komunikasi dan interaksi sosial bagi masyarakat. Melalui RTH publik, dapat menjadi sarana rekreasi, olahraga, sarana Pendidikan, dan sebagai pusat kuliner (Imansari, 2015 *dalam* Sugiyanto dkk., 2017).

Berdasarkan Permen Pekerjaan Umum, RTH terbagi menjadi dua fungsi, yaitu fungsi utama (intrinsik) dan fungsi tambahan (ekstrinsik) sebagai berikut:

1) Fungsi utama (intrinsik), yaitu fungsi ekologis. Fungsi ini memberi jaminan pengadaan RTH menjadi bagian dari sistem sirkulasi udara (paru – paru kota), pengatur iklim mikro agar sistem sirkulasi udara dan air secara alami dapat berlangsung lancar, sebagai peneduh, produsen oksigen, penyerap air hujan penyedia habitat satwa, penyerap polutan media udara, air dan tanah, serta penahan angin.
2) Fungsi tambahan (ekstrinsik), yaitu : (1) Fungsi sosial dan budaya, yakni dapat menggambarkan ekspresi budaya lokal, juga merupakan media komunikasi warga kota, tempat rekreasi, sebagai wadah dan objek Pendidikan, penelitian, dan pelatihan dalam mempelajari alam; (2) Fungsi ekonomi : a.) Sumber produk yang bias dijual, seperti tanaman bunga, buah, daun, sayuran; b.) Bisa menjadi bagian dari usaha pertanian, perkebunan, kehutanan, dan lain – lain; (3) Fungsi estetika : a.) Meningkatkan kenyamanan, memperindah lingkungan kota baik dari skala mikro : halaman rumah, lingkungan permukiman, maupun skala makro: a.) Lanskap kota secara keseluruhan; b.) Menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga kota; c.) Menciptakan suasana serasi dan seimbang antara area terbangun dan tidak terbangun (Permen Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008).

Menurut Kosaming (2006) dalam Nugradi (2009), ruang terbuka hijau bermanfaat secara ekologis, antara lain mengurangi polusi udara dan memperbaiki sistem tata air kota. Penghijauan di kawasan kota dapat mengatasi genangan, menyerap dan menapis bau, mereduksi polutan padat, gas, dan suara, konservasi air, serta penahan erosi. Selain itu, peran RTH dalam penurunan iklim mikro perkotaan diperoleh pada proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan. Irwan (2005) dalam Ahmad dkk (2012), menguraikan bahwa kehadiran tumbuhan atau vegetasi sangat diperlukan di perkotaan mengingat tumbuhan hijau akan menyerap CO2 dan melepaskan O2 kembali ke udara melalui proses fotosintesis tumbuhan yang terjadi apabila ada sinar matahari dan dibantu oleh enzim.

RTH hutan mempunyai peran besar dalam meredam suhu maksimum agar lebih rendah melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama kanopi RTH hutan mampu meredam radiasi matahari yang dating ke permukaan lantai hutan, sehingga suhu permukaan lantai hutan menjadi rendah, begitu pula dengan suhu udara di atas permukaan di bawah kanopi RTH hutan. Mekanisme kedua melalui energi netto di siang hari biasanya digunakan untuk evaporasi atau transpirasi lalu untuk memanaskan udara. Karena ada RTH hutan maka energi netto banyak terpakai untuk transpirasi dari vegetasi RTH hutan, sehingga bagian untuk memanaskan udara menjadi berkurang. Hal ini juga yang menyebabkan disiang hari akan sangat nyaman untuk berteduh di bawah pohon dibandingkan dengan lokasi tanpa pepohonan (Ahmad dkk., 2012)

Manfaat RTH berdasarkan fungsinya dibagi atas manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*) seperti mendapatkan bahan – bahan untuk dijual (kayu, daun, bunga), kenyamanan fisik (teduh segar), keinginan dan manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangible*) seperti perlindungan tata air dan konservasi hayati atau keanekargaman hayati (DPAL FP IPB, 2007). Hal tersebut juga diuraikan oleh Alaney (1993) dalam Fatimah dkk (2013) bahwa keberadaan RTH dapat meningkatkan nilai property. Dimana nilai jual properti pada kawasan pemukiman yang dikelilingi pepohonan lebih tinggi 5 – 15 % daripada kawasan yang minim pepohonan.

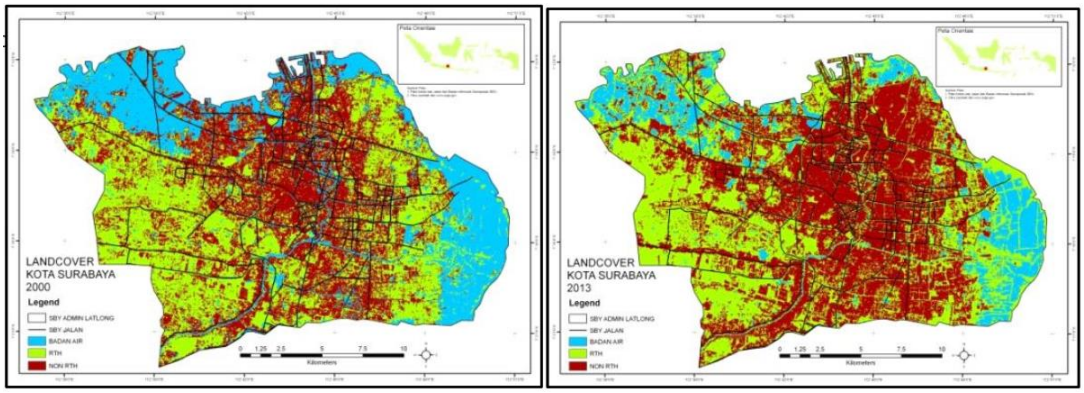
2.2.3 RTH Kota Surabaya

Berdasarkan Perda Kota Surabaya No 7 Tahun 2002 tentang Pengelolaan RTH menyatakan bahwa pengelolaan Ruang Terbuka Hijau dilaksanakan secara terpadu oleh instansi pemerintah daerah, masyarakat dan pelaku pembangunan lainnya sesuai dengan bidang tugas dan tanggung jawab masing-masing. Perda tersebut menjelaskan bahwa setiap orang memiliki tanggung jawab untuk menjaga RTH agar tetap terjaga keasriannya dan tidak merusaknya. RTRW Kota Surabaya No 4 Tahun 2012 menyebutkan bahwa ruang terbuka hijau meliputi RTH publik dan RTH privat dengan luas sebesar 30 % dari luas wilayah kota. RTH publik diadakan paling sedikit 20% dari luas wilayah kota yang meliputi, makam, lapangan, taman, jalur hijau, hutan kota, kawasan penyangga, sempadan waduk/bozem, sempadan saluran dan sungai, dan sempadan pantai. Upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Surabaya dalam pengelolaan RTH publik adalah melindungi dan tidak mengalih fungsikan RTH, mengembangkan kegiatan olahraga dan pariwisata dan fungsi RTH tertentu, meningkatkan fungsi ekologi pada setiap fungsi ruang terbuka hijau dan menata dan mengatur setiap fungsi RTH. Tahun 2017 Kota Surabaya telah memiliki 93unit taman kota yang tersebar di seluruh wilayah perkotaan, diantaranya: Taman Flora, Kebun Bibit Wonorejo, dan Hutan Kota Balas Klumprik (Budiman dkk., 2014).

Salah satu misi pembangunan Kota Surabaya menurut RTRW 2012-2032 adalah meningkatkan kualitas penataan ruang kota dan infrastruktur kota yang menjamin aksesibilitas publik berwawasan lingkungan dan nyaman. Penetapan misi tersebut merupakan suatu upaya untuk mewujudkan pengembangan kota ekologis yang salah satu indikatornya adalah penyediaan RTH. Implementasi misi tersebut dijabarkan dalam bentuk kebijakan dan program di bidang RTH, melalui pengembangan RTH Privat maupun RTH Publik (Budiman dkk., 2014).

Berdasarkan hasil analisis GIS pada citra landsat tahun 2000 didapatkan pola Kota Surabaya adalah pola sektor (**Gambar 2.6**), dimana perkembangan Kota Surabaya terpusat pada bagian utara ke selatan. Pola sektor dicirikan dengan pusat perdagangan dan industri berada pada satu bagian wilayah terutama di wilayah utara dan pusat pemerintahan di bagian tengah, perumahan dan industri juga

mendominasi pada bagian selatan. Hal ini menyebabkan pola perubahan RTH di Kota Surabaya mengelompok pada bagian pinggir terutama pada bagian timur dan barat, sehingga pola perubahan RTH tersebar merata di bagian timur dan barat. Pada bagain barat laut ini juga dijumpai RTH berupa hutan mangrove dan lahan perikanan darat berupa tambak-tambak ikan (**Gambar 2.6**). Pada tahun 2013 (**Gambar 2.6**), pola perkembangan Kota Surabaya tetap dengan pola sektor sehingga pola perubahan RTH di kota Surabaya juga tetap mengelompok di wilayah barat dan timur walaupun di beberapa lokasi mengalami perubahan fungsi menjadi lahan pemukiman dan bisnis, hal ini bisa terlihat dari penambahan pemukiman dan bisnis terjadi di sepanjang jalan utama. Untuk penambahan RTH terjadi pada wilayah utara dan barat yang sebelumnya dugunakan untuk lahan tambak menjadi lahan mangrove (Budiman dkk., 2014).



Gambar 2.6 Peta *landcover* Kota Surabaya tahun 2000 dan 2013 (Keterangan: biru = badan air; hijau = RTH; merah = non RTH) (Budiman dkk., 2014).

Ruang Terbuka Hijau publik Kota Surabaya dikembangkan dengan tujuan menciptakan kota berwawasan lingkungan sebagai penyangga kebutuhan air kota, kontrol iklim kota, fungsi sosial, fungsi estetika, penyedia kebutuhan oksigen, dan menjamin kenyamanan masyarakat kota. Target luasan minimal RTH Publik Kota Surabaya ditetapkan sebesar 20% terhadap luas kota. Ruang Terbuka Hijau publik Kota Surabaya terdiri dari RTH jalur jalan, taman pasif dan persimpangan jalan, monumen dan gerbang kota, taman aktif, lapangan olahraga dan makam, hutan kota dan kebun bibit, RTH pengaman jalur KA, SUTT, sungai, dan buffer zone (Bappeko, 2012). Data Bappeko tahun 2012 menunjukkan bahwa luas RTH Publik

Kota Surabaya hampir mencapai target 30%. Capaian tersebut semakin meningkat dengan pengembangan RTH yang masif baik secara kualitas maupun kuantitas. Hasil kajian Bappeko 2012 terhadap dominasi ruang hijau dan kualitas RTH publik dilakukan pada RTH makam, lapangan dan stadion, bozem dan waduk, sempadan sungai, sempadan jalan dan taman aktif. Analisis dilakukan dalam satuan jumlah unit RTH. Tabel berikut menunjukkan rekapitulasi hasil analisis kondisi RTH publik berdasarkan dominasi area hijau pada masing-masing jenis RTH. Secara umum kondisi RTH publik di Kota Surabaya dari aspek dominasi area hijau sudah cukup baik, bahwa rata-rata kondisi optimal dominasi ruang hijau RTH kurang dari 50% RTH. Terdapat 31.73% RTH dengan dominasi ruang hijau yang tergolong kurang optimal, dan hanya 19.04% tergolong tidak optimal. Kondisi yang tidak optimal ditemukan pada RTH sempada jalan dan bozem & waduk. Hal tersebut dikarenakan sempadan jalan di Kota Surabaya lebih difungsikan sebagai trotoar, sedangkan bozem & waduk difungsikan sebagai penyimpan cadangan air (lebih dominan elemen air). Berikut ini tabel kondisi RTH publik berdasarkan tingkat keterawatan di Kota Surabaya. Tabel 2.3 menunjukkan bahwa secara umum perawatan RTH publik di Kota Surabaya masih perlu ditingkatkan karena hanya 22.78% yang dirawat secara rutin. Perawatan RTH publik yang sudah cukup optimal dilaksanakan adalah pada taman aktif. Untuk RTH publik lain prosentase perawatan masih dibawah 30%.

Tabel 2.3 Kondisi RTH Publik berdasarkan tingkat keterawatan

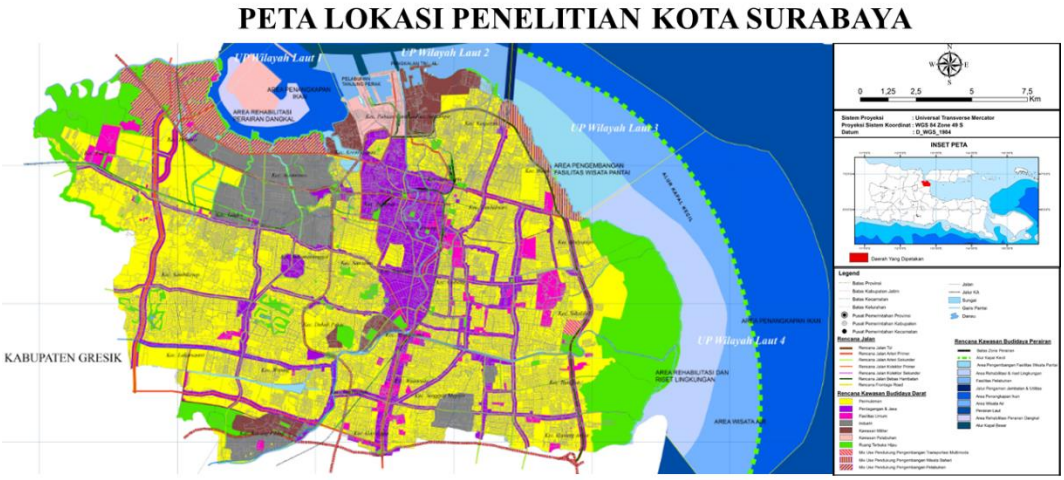
Jenis RTH	**Terawat**	**Kurang Terawat**	**Tidak Terawat**
RTH Makam	13.25	61.45	25.30
RTH Lapangan & Stadion	12.20	65.85	21.95
RTH Bozem&Waduk	0.00	47.83	52.17
RTH Sempadan Sungai	15.79	68.42	15.79
RTH Sempadan Jalan	28.78	70.67	25.55
RTH Taman Aktif	66.67	27.78	5.56
Kondisi Rata – rata	22.78	57.00	24.39

Sumber: Bappeko Kota Surabaya 2012

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April hingga Agustus 2020. Identifikasi UHI, perhitungan emisi karbon, dan identifikasi kemampuan serapan karbon dari RTH (taman kota) Kota Surabaya dilakukan di Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian (Sumber: RTRW Kota Surabaya 2014 – 2034)

3.2 Metode Penelitian

Prosedur penelitian terdiri atas *image preprocessing* LST/Land Surface Temperature berdasarkan citra Landsat 8 OLI, perhitungan nilai NDVI (Normalized , dan identifikasi kemampuan serapan karbondioksida dari RTH (taman kota) Kota Surabaya.

3.2.1 *Image Preprocessing*

Sebelum diolah data citra satelit memerlukan tahapan *pre-processing* yang terdiri atas koreksi geometrik, radiometrik, dan atmosferik. Tahapan ini berguna untuk mendapatkan nilai akurasi spasial dan spektral terbaik dari masing – masing citra (Dede dkk., 2019). Data citra diambil pada tahun 2019 (Lampiran 1).

Proses pengolahan citra untuk aplikasi pemetaan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Pemulihan Citra (*Image Restoration*)

Proses ini merupakan tahap awal untuk memperbaiki data citra yang mengalami distorsi dan degradasi pada saat proses perolehan data (akuisisi data). *Image Restoration* merupakan operasi yang bertujuan meminimumkan cacat pada citra. Oleh karena itu, sebelum data citra dianalisis, terlebih dahulu harus melalui proses pemulihan citra melalui pemberian koreksi radiometrik.

1) Koreksi Radiometrik

Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhancement*) setiap piksel (*picture element*) dari citra, sehingga objek yang terekam mudah dianalisis untuk menghasilkan data/informasi yang benar sesuai dengan keadaan lapangan. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki beberapa kesalahan yang terjadi pada citra satelit. Kesalahan radiometrik berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (*pixel*) pada citra agar mendekati harga /nilai yang seharusnya dan juga memperbaiki kualitas visual citra (Sinaga dkk., 2018). Dalam penelitian ini dilakukan koreksi geometri dengan mengubah digital number (DN) menjadi radiance atau reflectance (Rizki *et al*., 2017).

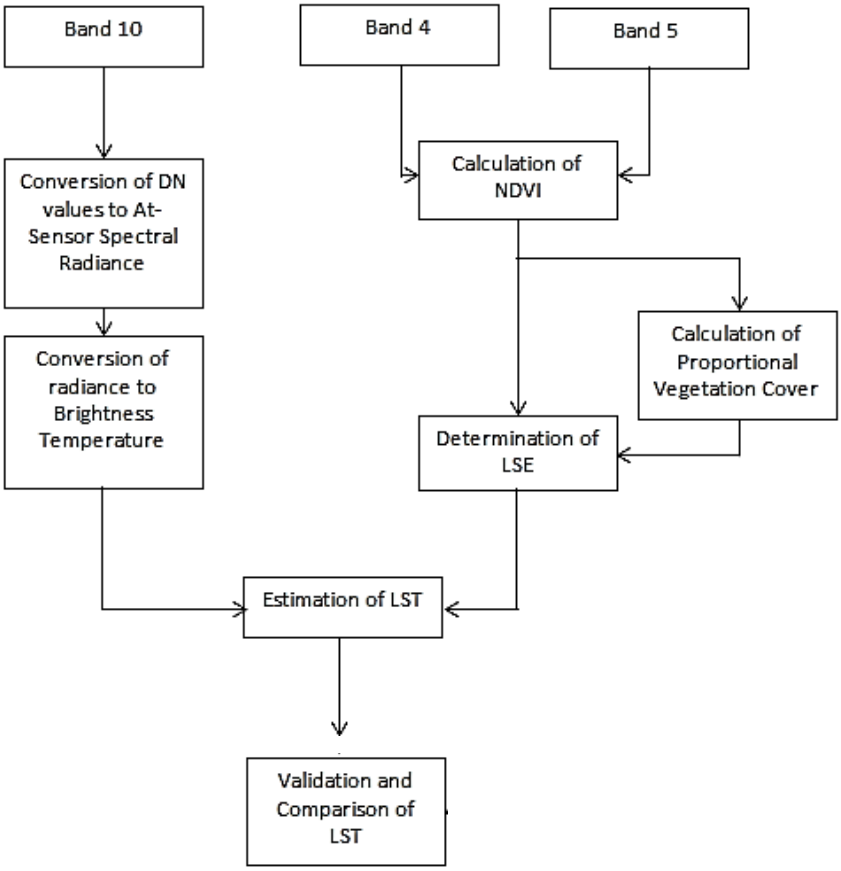
b. *Image Enhancement* (Peningkatan Mutu Citra)

Peningkatan mutu citra adalah salah satu proses pengolahan citra digital yang ditujukan untuk mengubah nilai digital setiap elemen gambar baik secara tunggal maupun kelompok, sehingga gambaran yang diinginkan menjadi lebih jelas dan sebaliknya yang tidak diinginkan dapat dihilangkan atau dikurangi. Dalam penelitian menggunakan metode Contrast Stretching dengan software ArcGIS 10.3.

3.2.2 Perhitungan Suhu Permukaan Tanah (LST) dan Indeks Vegetasi (NDVI)

Perhitungan suhu permukaan menggunakan metode LST (*Land Surface Temperature*). Dalam penginderaan jauh, suhu permukaan tanah didefinisikan sebagai suhu permukaan rata – rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan berbeda (Utomo dkk., 2017).

Perhitungan suhu dilakukan dengan menggunakan LST (*Land Surface Temperature*). Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah. Suhu permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasikan dari citra satelit Landsat 8 yang diekstrak dari band thermal. Berikut tahapan dalam perhitungan LST:



Gambar 3.2 Diagram alur untuk pengambilan data LST (Jeevalakshmi dkk., 2017)

1) Tahap 1 (Konversi Digital Number menjadi Spectral Radiance)

Produk data satelit merupakan set data yang dikoreksi secara geometris. Metadata dari citra satelit dapat dilihat pada Tabel 3.1 Langkah pertama adalah mengkonversikan nilai *Digital Number* (DN) dari band 10 menjadi *spectral radiance* (L_λ) dengan menggunakan persamaan berikut (Jeevalakshmi dkk., 2017):

$$L_\lambda = \frac{(L_{max} - L_{min}) \times Q_{cal}}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} + L_{min} - O_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

Keterangan:

L_{max} = Radiasi maximum ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)

L_{min} = Radiasi minimum ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)

Q_{cal} = nilai *Digital Number* (DN) dari piksel

Q_{calmax} = nilai maksimum DN dari piksel

Q_{calmin} = nilai minimum DN dari piksel

O_i = nilai koreksi untuk band 10

Tabel 3.1 Metadata dari citra satelit (Jeevalakshmi dkk., 2017).

Variabel	Deskripsi	Nilai
K_1 K_2	Konstanta thermal, Band 10	774.8853 1321.0789
L_{max} L_{min}	Nilai maksimum dan minimum dari radiasi, Band 10	22.00180 0.10033
Q_{calmax} Q_{calmin}	Nilai maksimum dan minimum dari *Quantize Calibration*, Band 10	65535 1
O_i	Nilai koreksi, Band 10	0.29

2) Tahap 2 (Konversi SR menjadi BT-Brightness Temperature)

Setelah nilai DN dikonversi menjadi *spectral radiance*, maka data dari TIRS harus dikonversi menjadi BT (*Brightness Temperature*) dengan menggunakan konstanta thermal yang terdapat pada tabel metadata dan dengan persamaan (Jeevalakshmi dkk., 2017):

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left[\left(\frac{K_1}{L_\lambda}\right)+1\right]} - 273.15 \quad \text{.....(2)}$$

Dimana K1 dan K2 merupakan konstanta thermal dari TIR band 10 yang dapat diidentifikasi di file metadata yang berasosiasi dengan citra satelit. Untuk mendapatkan hasil dalam satuan Celsius, maka perlu dilakukan perhitungan lagi dengan menambahkan nol absolut yang kira – kira sama dengan -273.15 (Jeevalakshmi dkk., 2017).

3) Tahap 3 (Perhitungan NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) sangat penting untuk mengidentifikasi berbagai jenis tutupan di area penelitian. NDVI bernilai antara –1.0 hingga +1.0. NDVI dihitung per piksel berdasarkan perbedaan normalisasi antara *red band* (0.64 – 0.67 μm) dan *near infrared band* (0.85 – 0.88 μm) dengan menggunakan rumus (Jeevalakshmi dkk., 2017):

$$NDVI = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{RED})} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Dimana NIR merupakan nilai *near infrared band* sebuauh piksel dan RED adalah nilai *red band* dalam piksel yang sama. Perhitungan NDVI diperlukan untuk menghitung lebih lanjut *proportional vegetation* (Pv) dan emisivitas (ε) (Jeevalakshmi dkk., 2017). Analisis

4) Tahap 4 (Konversi NDVI menjadi Pv)

Tahap selanjutnya adalah menghitung *proportional vegetation* (Pv) dari nilai NDVI. Pv ini memberikan estimasi area bawah di setiap tipe tutupan lahan. Proporsi vegetasi dan tanah kosong diperoleh dari NDVI piksel murni. Nilai NDVIv = 0.5 dan NDVIs = 0.2 yang diusulkan untuk diterapkan dalam kondisi global. Sementara itu, nilai untuk permukaan vegetasi (NDVIv = 0.5) mungkin terlalu rendah dalam beberapa kasus, untuk data resolusi yang lebih tinggi di lokasi studi pertanian, NDVIv dapat mencapai 0.8 atau 0.9. Nilai Pv dapat dihitung menggunakan persamaan (Jeevalakshmi dkk., 2017):

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_v + NDVI_s}\right)^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

5) Tahap 5 (Perhitungan Emisivitas)

Perhitungan emisivitas permukaan tanah atau *Land Surface Emissivity* (LSE) diperlukan untuk memperkirakan LST, karena LSE adalah faktor proporsionalitas yang mengukur radiasi benda hitam (hukum Plank) untuk mengukur radiasi dan merupakan kemampuan untuk mentransmisikan energi panas dari melewati permukaan hingga atmosfer. Dalam skala piksel, permukaan alami adalah heterogen dalam hal variasi pada LSE. Selain itu, LSE sangat tergantung

pada kekasaran permukaan, tutupan vegetasi dan lain-lain (Jeevalakshmi dkk., 2017).

$$\varepsilon_\lambda = \varepsilon_\lambda P_v + \varepsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C_\lambda \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

Dimana εv dan εs adalah vegetasi dan emisivitas tanah, dan C adalah kekasaran permukaan dengan nilai konstan 0.005. Emisivitas dari badan air paling stabil dibandingakan dengan permukaan tanah. Emisivitas tergantung pada panjang gelombang, NDVI *threshold method* (NTM) dapat digunakan untuk memperkirakan emisivitas permukaan tanah yang berbeda dalam kisaran 10 – 12 μm.

$$\varepsilon_\lambda = \begin{cases} \varepsilon_{s\lambda}, & NDVI < NDVI_s \\ \varepsilon_{s\lambda} P_v + \varepsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C_\lambda, & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ \varepsilon_{s\lambda} + c_\lambda, & NDVI > NDVI_v \end{cases} \ldots\ldots\ldots(6)$$

Emisivitas rata – rata dari empat jenis tutupan lahan dapat dipertimbangkan dalam Band 10, ketika NDVI kurang dari 0, diklasifikasikan sebagai air, dengan nilai emisivitas 0.991, untuk nilai NDVI antara 0 dan 0.2, dianggap sebagai tipe tutupan lahan yang berupa tanah dan nilai emisivitas sebesar 0.966, nilai antara 0.2 dan 0.5 dianggap campuran tanah dan tutupan vegetasi dan persamaan (6) digunakan untuk menghitung emisivitas. Ketika nilai NDVI lebih besar dari 0.5, dianggap sebagai tutupan vegetasi, dan nilai emisivitas sebesar 0.973.

6) Tahap 6 (Perhitungan LST)

Tahapan terakhir untuk menghitung LST dengan *brightness temperature* (BT) pada Band 10 dan LSE yang berasal dari Pv dan NDVI. LST dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_s = \frac{\mathrm{BT}}{\left\{1 + \left[\left(\lambda BT/\rho\right)\ln \varepsilon_\lambda\right]\right\}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

Dimana, Ts merupakan LST dalam satuan Celsius (°C), BT merupakan *brightness temperature* (°C), λ merupakan rata – rata panjang gelombang dari Band 10, ε_λ merupakan perhitungan emisivitas dari persamaan (6) dan ρ adalah $\left(h \times \frac{c}{\sigma}\right)$ yang mana sama dengan 1.438×10^{-2} mK dengan, σ merupakan konstanta Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K), *h* merupakan konstanta Plank (6.626×10^{-34}) dan *c* merupakan kecepatan cahaya (3×10^{8} m/s)

3.2.3 Perhitungan Intensitas Urban Heat Island

Setelah mendapatkan gambar LST dengan faktor 0,02 yang menghasilkan gambar LST dalam satuan Kelvin. Selanjutnya hasil dikurangi dengan faktor 273,15 yang menghasilkan nilai LST dalam satuan Celsius. Untuk intensitas UHI dihitung dengan LST relative dengan persamaan sebagai berikut Tsou dkk (2017):

$$Tr = \frac{T_S - \bar{T}_S}{\bar{T}_S} \quad \text{.....(8)}$$

Keterangan:

Tr = *Land Surface Temperature relative* (K)

Tm = *Land Surface Temperature* (K)

$\bar{T}_S$ = Rata – rata LST (K)

Kemudian gambar UHI, diklasifikasikan menjadi 2 katergori yang ditunjukkan pada tabel berikut (Tsou dkk., 2017)

Tabel 3.2 Kategori intesitas *Urban Heat Island*

LST relatif	Intensitas UHI
<0	Tidak terjadi UHI
≥0	Terjadi UHI

Dengan menggunakan statistik, rata – rata LST untuk daerah perdesaan dan perkotaan dihitung dan kemudian intensitas UHI dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Keeratikasikorn dan Bonafoni, 2017)

$$\Delta T = T_{urban} - T_{rural} \quad \text{.....(9)}$$

Keterangan:

T_{urban} = Rata – rata LST urban (perkotaan)

T_{rural} = Rata – rata LST rural (perdesaan)

Nilai dari ΔT menunjukkan intensitas UHI

3.2.4 Kemampuan Serapan Karbon Vegetasi di RTH kota Surabaya

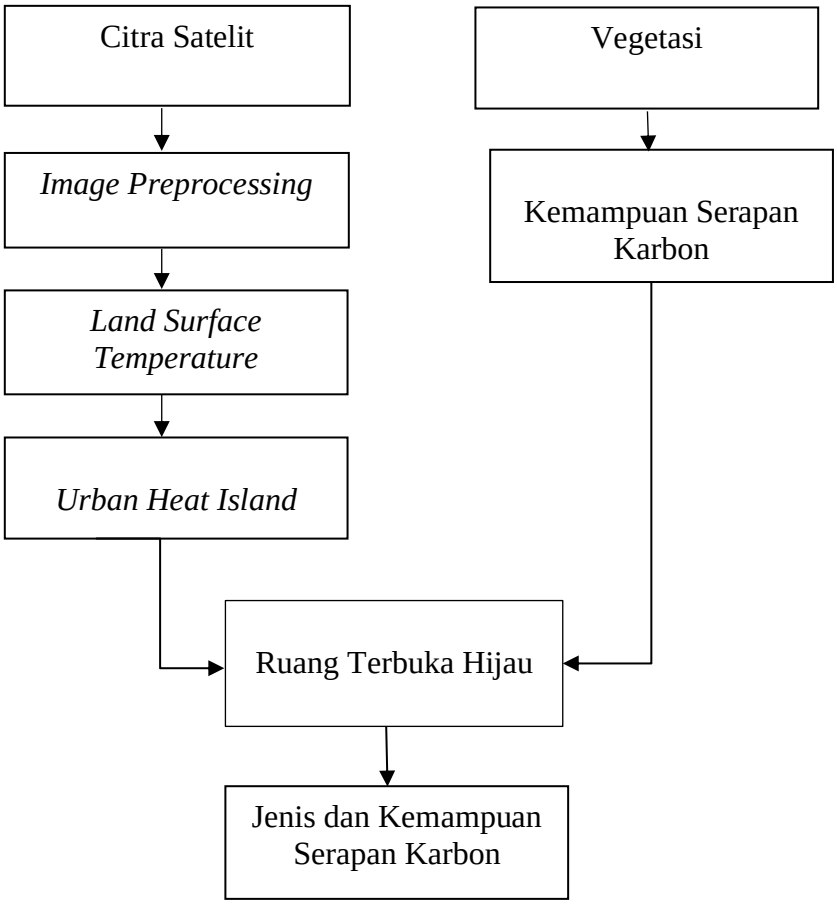
Data inventarisasi vegetasi berupa data sekunder dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya.

Tabel 3.3 Kemampuan serapan karbon vegetasi di RTH Kota Surabaya

No.	Spesies	Nama Lokal	Lokasi				Daya serap karbon	Kemampuan Serapan Karbon
			I	II	III	IV		
1								
2								
3								
4								
5								
6								

3.2.5 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi analisis hubungan antara *Urban Heat Island* (peningkatan suhu) dengan NDVI menggunakan uji regresi linier dan uji korelasi Pearson dengan menggunakan software statistik: Microsoft Office Excel 365 (Rotem-Mindali et al., 2015).

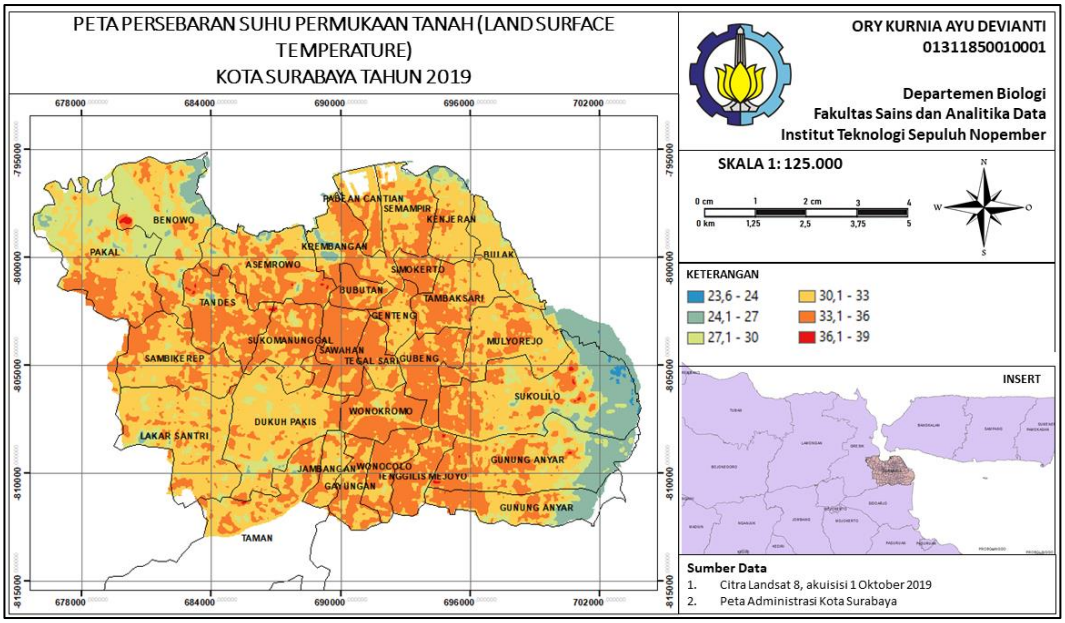


Gambar 3.3 Diagram alur penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya

Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia, dengan volume lalu lintas tinggi dapat menimbulkan konsekuensi berupa peningkatan polusi udara. Gas buang kendaraan bermotor terdiri dari zat yang tidak beracun, seperti nitrogen (N_2), karbon dioksida (CO_2), dan uap air (H_2O), serta zat beracun seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NOx), sulfur oksida (SOx), zat debu timbal (Pb) dan partikulat (Syahrani, 2006). Gas- gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tersebut dapat menyebabkan gas efek rumah kaca, sehingga terjadi global warming dengan terjadinya peningkatan suhu di bumi (Zein & Chehayeb, 2015).



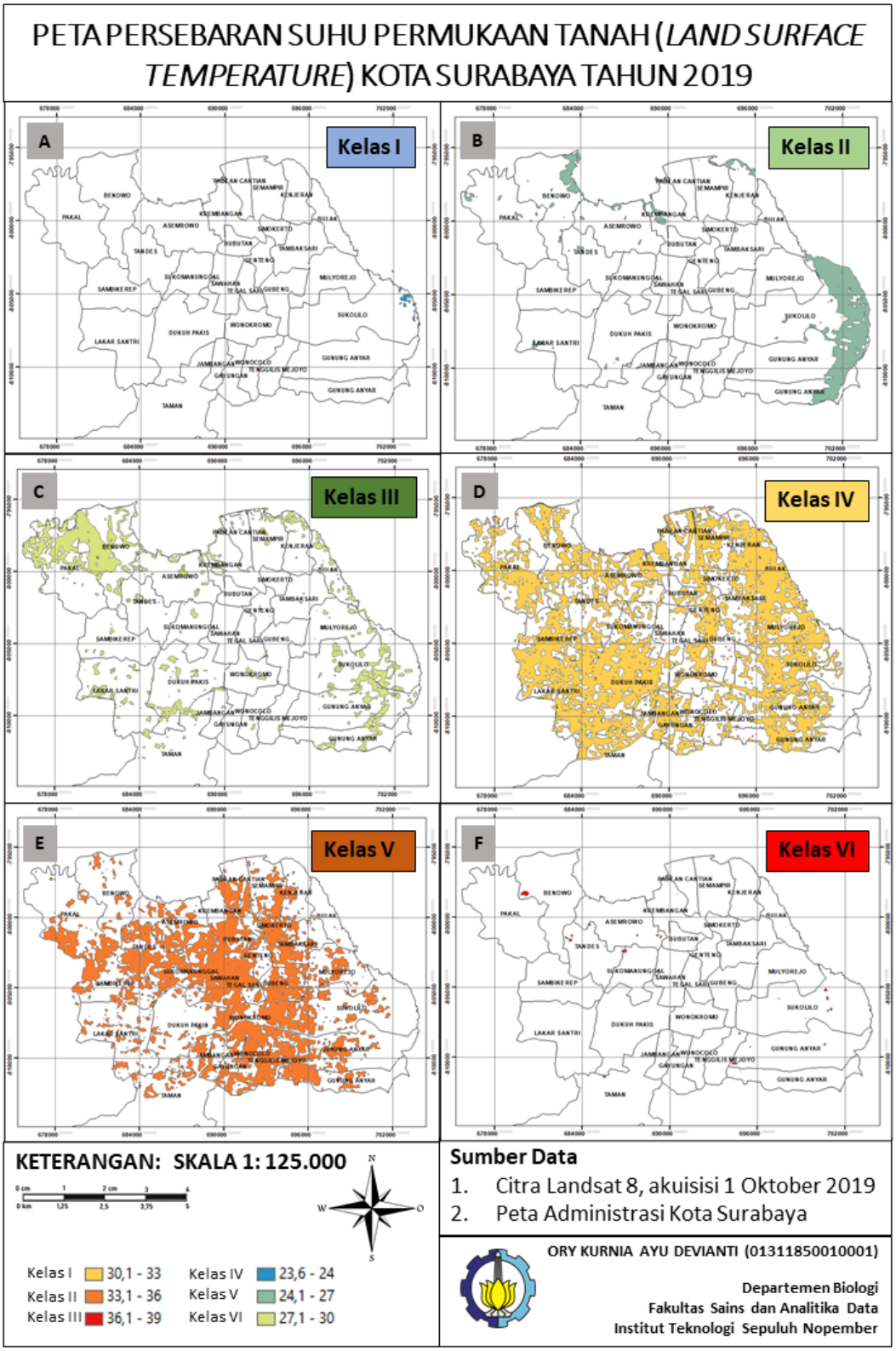
Gambar 4.1 Peta persebaran suhu permukaan di kota Surabaya tahun 2019

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis suhu permukaan daratan (*Land Surface Temperature*) dengan menggunakan citra Landsat 8 OLI. Berdasarkan peta hasil analisis di atas (Gambar 4.1) dapat diketahui bahwa suhu yang dominan di Kota Surabaya pada Bulan Oktober 2019 yaitu kisaran suhu 30,1 – 33 °C dengan luas area 159 km^2 yang terdapat di semua kecamatan. Area yang memiliki suhu tertinggi 36,1 – 39 °C sebanyak 7 kecamatan, yaitu Tenggilis Mejoyo, Gunung Anyar, Sukolilo, Benowo, Asemrowo, Tandes, dan Sukomanunggal dengan total

luas area 0,5 km^2. Kemudian suhu 33,1 – 36 °C banyak terdapat pada pusat kota seperti Wonokromo dan Gubeng dengan total luas area 116 km^2. Sedangkan suhu 27,1 – 30 °C dengan total luas area 36 km^2 terdapat di beberapa kecamatan seperti, Benowo, Pakal dan Sukolilo. Suhu 24,1 – 27 °C banyak terdapat di kecamatan yang memiliki badan air, seperti Sukolilo, Gunung Anyar, dan Benowo. Suhu 23,6 – 24 °C memiliki luas area yang paling kecil dibandingkan dengan interval suhu yang lainnya yaitu 0,46 km^2.

Tabel 4.1 Luasan area setiap kelas suhu di Kota Surabaya

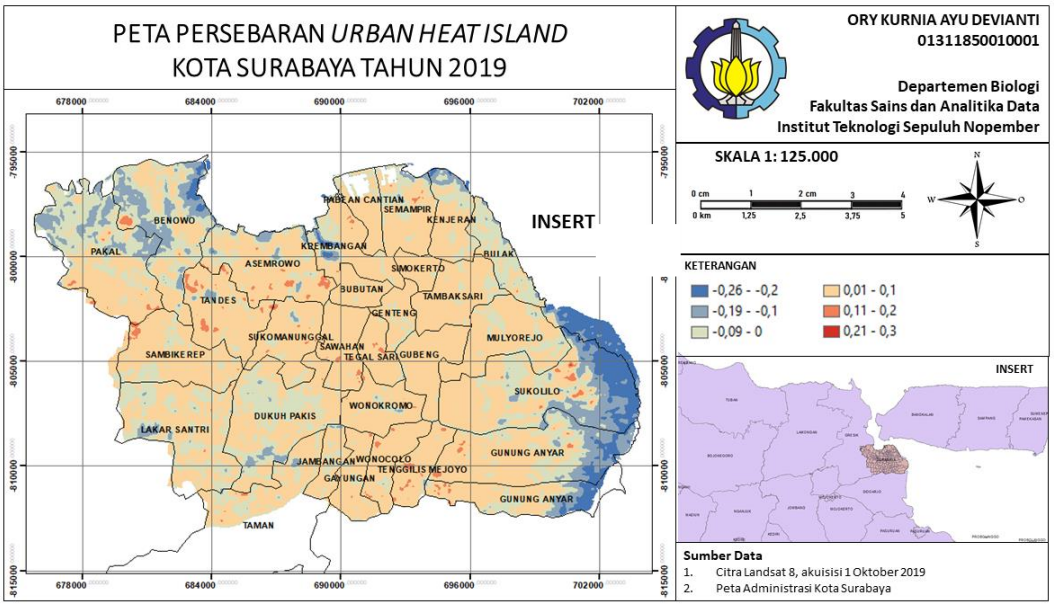
Kelas	**Rentang Suhu (°C)**	**Luas Area (km^2)**	**Persen Luas Area (%)**
1	23,6 – 24	0,46	0,14
2	24,1 – 27	22,39	6,71
3	27,1 – 30	35,61	10,67
4	30,1 – 33	158,6	47,50
5	33,1 – 36	116,3	34,84
6	36,1 – 39	0,5	0,15



Gambar 4.2 Peta masing – masing tiap kelas LST di Kota Surabaya tahun 2019

4.2 Urban Heat Island di Kota Surabaya

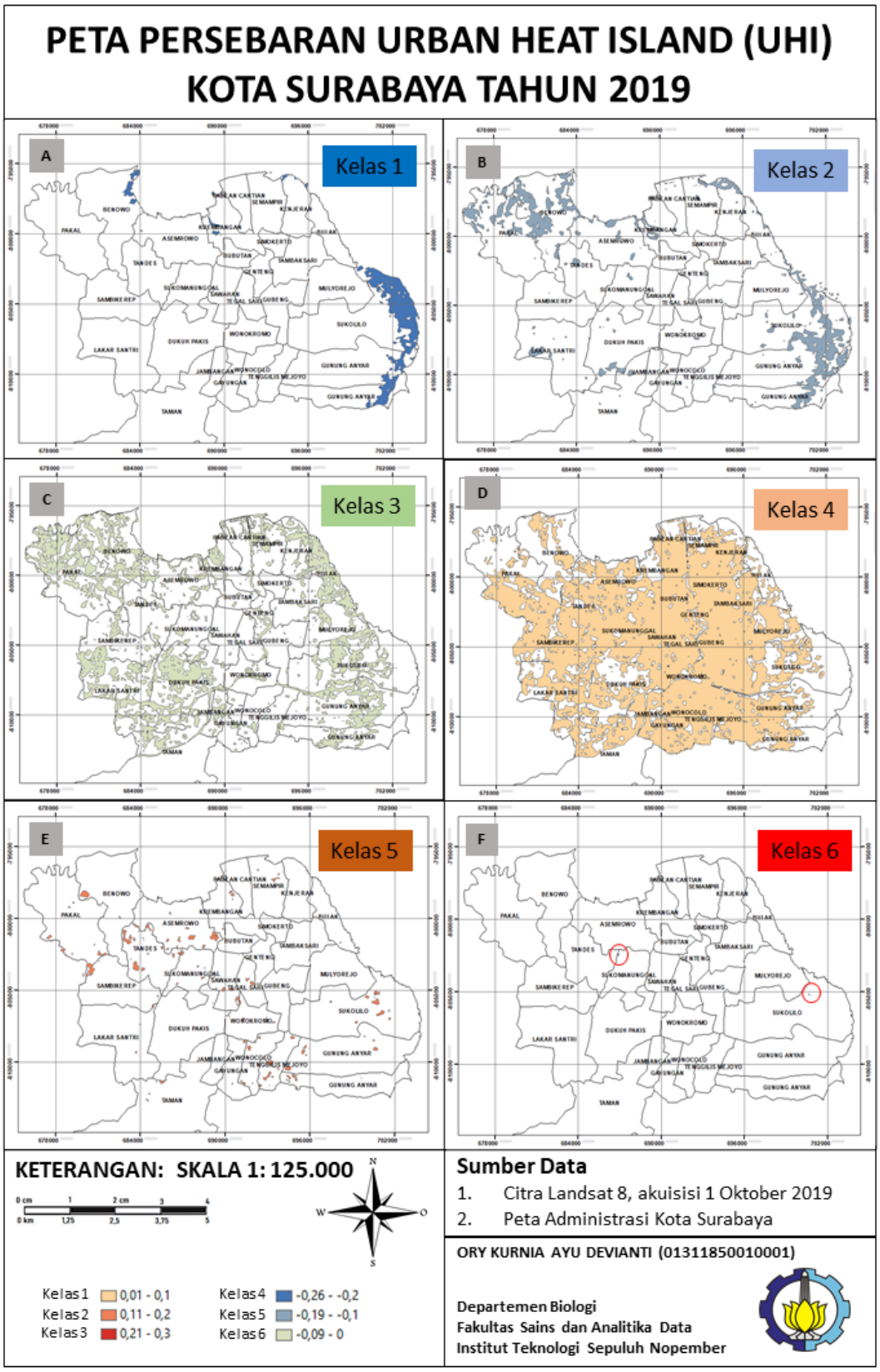
Urban Heat Island (UHI) merupakan kondisi dimana area pusat kota lebih panas dibandingkan dengan daerah sekitar pedesaan. Setelah menganalisis LST (Land Surface Temperature), kemudian dilakukan analisis Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya. Sehingga, berdasarkan Gambar 4.2, dapat diketahui bahwa di Kota Surabaya terjadi Urban Heat Island (UHI). Hasil analisis UHI dibedakan menjadi 6 kelas, dimana kelas 1 – 3 (-0,26 – 0) termasuk dalam area yang tidak terjadi UHI (*Green island*), kelas 4 (0,01 – 0,1) termasuk dalam *Weak heat island*, kelas 5 (0,11 – 0,2) termasuk *Medium heat island*, dan kelas 6 (0,21 – 0,3) termasuk *Strong heat island* (Xu et al., 2013).



Gambar 4.3 Peta Persebaran UHI di Kota Surabaya tahun 2019

Berdasarkan gambar 4.3, UHI kelas 1-3 atau area yang tidak terjadi UHI memiliki total luas sebesar 118 km^2. UHI kelas 4 (0,01 – 0,1) memiliki total luas area 212 km^2 yang menyebar di seluruh kecamatan di Kota Surabaya. Kemudian UHI kelas 5 (0,11 – 0,2) memiliki total luas area sebesar 3 km^2 yang terdapat di 14 kecamatan, seperti Pakal, Benowo, Tandes, Asemrowo, Krembangan, Semampir, dan Sukolilo. Sedangkan UHI kelas 6 (0,21 – 0,3) memiliki luas area yang paling kecil dibandingkan dengan kelas UHI lainnya yaitu, 0,05 km^2 yang terdapat di kecamatan Sukolilo dan Sukomanunggal. UHI tinggi yang terjadi banyak terjadi pada area yang terdapat banyak kegiatan, seperti kawasan Tunjungan yang terdapat

di Kec Tegalsari merupakan area pusat kota sebagai kawasan pusat perdagangan dan perkantoran. Kemudian area Kec. Benowo dan Asemrowo yang juga terjadi UHI kelas 5, dimana di area Benowo dan Asemrowo merupakan kawasan pergudangan dan industri. Tingginya UHI di area Kec. Benowo dan Kec. Asemrowo dapat disebabkan tinggi aktivitas manusia yang tinggi dimana terdapat sekitar 43 industri besar maupun kecil. Selain itu, karena letaknya berdekatan dengan Pelabuhan Tanjung Perak dan Jalan Tol Sidoarjo – Surabaya – Gresik (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Surabaya 2016 – 2021). Hal ini sesuai dengan Suomi (2014), bahwa pusat kota yang memiliki area terbangun lebih padat dan terdapat banyak kegiatan jual beli memiliki suhu yang lebih hangat, sedangkan daerah pedalaman pedesaan yang berjarak kurang lebih 10 km dari pusat kota memiliki suhu yang lebih dingin.



Gambar 4.4 Peta masing – masing tiap kelas UHI di Kota Surabaya tahun 2019

Area yang memiliki UHI tinggi di Kota Surabaya tidak hanya terjadi di area pusat kota seperti Tegalsari dan Genteng, tetapi juga terjadi di area yang berada jauh dari pusat kota seperti Kecamatan Sukolilo. Sobirin dan Fatimah (2015) menyatakan bahwa Kota Surabaya pada tahun 1994, memiliki UHI yang tinggi berawal dari pusat kota, kemudian memanjang hingga selatan pada tahun 2000, dan pada akhirnya mengalami keseimbangan wilayah suhu, dimana tidak hanya berkembang dari utara sampai ke selatan, tetapi juga mengalami perkembangan wilayah dari aarah timur ke barat. Perubahan wilayah UHI ini dapat disebabkan karena adanya perkembanan wilayah terbangun karena adanya globalisasi yang mendorong perpindahan daerah industri ke arah pinggir kota (karena tanah yang murah dan infrastruktur yang memadai), yang mengakibatkan perubahan yang besar terhadap bentuk dan struktur Kota Surabaya (Sobirin & Fatimah, 2015). Selain itu, dapat disebabkan karena Kec. Sukolilo memiliki penduduk yang cukup padat yaitu 114.309 jiwa pada tahun 2018 (Anonim, 2019). Tingginya kepadatan penduduk Kec. Sukolilo disebabkan karena besarnya tingkat migrasi yang masuk ke kota, sehingga terjadi perubahan penggunaan lahan yang tinggi untuk pemukiman. Perkembangan yang berupa perluasan penggunaan lahan untuk permukiman ini sebagian besar menempati lahan kosong, pertanian dan pertambakan yang menyebabkan hilangnya sumber pangan dan penyejuk daerah kota (Jihan, 2014).

Tabel 4.2 Luasan area setiap kelas UHI di Kota Surabaya

Kelas	**Rentang UHI**	**Luas Area (km^2)**	**Persen Luas Area (%)**
I	(-0,26) – (-0,2)	12,46	3,73
II	(-0,19) – (-0,1)	25,87	7,74
III	(-0,09) – 0	79,77	23,88
IV	0,01 – 0,1	212,13	63,52
V	0,11 – 0,2	3,66	1,09
VI	0,21 – 0,3	0,015	0,005

4.3 Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Surabaya

Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan unsur utama tata ruang kota yang diwujudkan dalam sistem koridor hijau sebagai alat pengendali tata ruang atau

lahan dalam suatu system RTH kota (Purnomohadi, 2006 dalam Sudarwani & Ekaputra, 2017). RTH Taman aktif merupakan salah satu komponen penting dalam upaya menangani dampak pencemaran udara oleh CO_2. Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui potensi taman aktif terutama jenis tanaman pohon mereduksi CO_2. Pada penelitian ini dipilih tanaman dengan habitus pohon karena diasumsikan memiliki kemampuan yang lebih dalam menyerap karbon dioksida dibandingkan dengan habitus pancang, semai, dan semak/perdu. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Torres (2013) bahwa rasio antara luas basal area dan jumlah karbon tergantung pada ukuran dari suatu pohon. Sehingga, pohon dengan diameter yang besar akan berkontribusi pada luas basal area dan jumlah karbon yang dapat diserap tanaman tersebut (Fitrada dkk., 2020). Berdasarkan analisis, ruang terbuka hijau (RTH) taman aktif yang terdapat di area dengan suhu permukaan daratan dan UHI yang tinggi terdiri dari: Jemursari, Taman Listia, Eks Lokalisasi, Taman Manukan Mulyo, Manukan Rejo Blok I, Jl. Asem Jaya Gang 1, Rusun Bandarejo, Manukan Lor, dan Manukan Kulon IV.

Tabel 4.3 Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Taman Aktif di Area UHI Tinggi

No	Spesies	Nama Lokal	Taman Aktif									Daya Serap CO_2 (kg/tahun)	Kemampuan Serapan CO_2
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
1	*Acasia suratensis*	Akasia kembang kuning				√						48,68 (Dahlan, 2008)	Rendah
2	*Acasia auriculiformis*	Akasia				√						1446,39 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Ekstra tinggi
3	*Pterocarpus indicus*	Angsana				√				√		11,12 (Pane dkk, 2016)	Rendah
4	*Tamarindus indica*	Asam Jawa	√			√						1,49 (Dahlan, 2008)	Sangat rendah
5	*Pithecellobium dulce*	Asam Landi				√	√					1446,39 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Ekstra tinggi
6	*Bambusa multiplex*	Bambu kuning	√				√					3,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
7	*Averrhoa bilimbi*	Belimbing wuluh									√	55,49 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sedang
8	*Ficus benjamina*	Beringin				√						539,90 (Dahlan, 2008).	Sangat tinggi
9	*Cerbera odollam*	Bintaro				√	√					4509,00 (Sari dkk, 2018)	Ekstra tinggi
10	*Ficus virens*	Bunut				√						53,529	Sedang
11	*Casuarina equisetifolia*	Cemara laut					√					126,51 (Rambaradelangga dkk, 2018)	Sedang
12	*Erythrina crista-galli*	Dadap merah					√					4,55 (Dahlan, 2008)	Sangat rendah
13	*Polyalthia longifolia*	Glodokan tiang					√				√	1016,42 (Sari dkk, 2018)	Ekstra tinggi
14	*Eugenia aquea*	Jambu air		√	√						√	86 (Praseti dkk, 2018)	Sedang
15	*Psidium guajava*	Jambu biji		√								390,88 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Tinggi
16	*Plumeria acuminata*	Kamboja			√	√		√				55,521 (Rambaradelangga dkk, 2018)	Sedang
17	*Cocos nucifera*	Kelapa								√	√	48,03 (Rambaradelangga dkk, 2018)	Sedang
18	*Elaeis guinensis*	Kelapa sawit				√	√					251,9 (Rambaradelangga dkk, 2018)	
19	*Muntingia calabura*	Kersen		√						√		5,26 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
20	*Terminalia catappa*	Ketapang				√						756,51 (Sa'iedah, 2018)	Sangat tinggi
21	*Terminalia molineti*	Ketapang kencana		√	√		√		√			211,79 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Tinggi
22	*Pisonia alba*	Kol Blanda				√				√		192,85 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Tinggi

No	Spesies	Nama Lokal	Taman Aktif									Daya Serap CO_2 (kg/tahun)	Kemampuan Serapan CO_2
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
23	*Leucaena leucocephala*	Lamtoro								√	√	1446,39 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Ekstra tinggi
24	*Mangifera indica*	Mangga gadung		√							√	445,11 (Sari dkk, 2018)	Tinggi
25	*Wodyetia bifurcata*	Palem Ekor tupai				√	√					3,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
26	*Phoenix sylvestris*	Palem Kenari				√						3,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
27	*Chrysalidocarpus lutescens*	Palem kuning				√			√	√		3,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
28	*Phoenix roebelinii*	Palem phoenix		√		√		√				3,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat rendah
29	*Veitchia merillii*	Palem putri	√			√				√	√	48,03 (Rambaradelangga dkk, 2018)	Rendah
30	*Roystonea regia*	Palem raja										48,03 (Rambaradelangga dkk, 2018)	Rendah
31	*Carica papaya*	Pepaya						√			√	12,71 (Sa'iedah, 2018)	Rendah
32	*Alstonia scholaris*	Pulai	√									11565,42 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Ekstra tinggi
33	*Manilkara zapota*	Sawo manila									√	849,43 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Sangat tinggi
34	*Annona muricate*	Sirsak									√	75,29 (Dahlan, 2008)	Sedang
35	*Annona squamosa*	Srikaya		√							√	78,02 (Sa'iedah, 2018)	Sedang
36	*Tabebuia chrysanta*	Tabebuya kuning				√				√		212,14 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Tinggi
37	*Tabebuia pallida*	Tabebuya pink				√						212,14 (Roshinta & Mangkoedihardjo, 2016)	Tinggi
38	*Tabebuia rosea*	Tabebuya putih				√						520,00 (Sari dkk, 2018)	Sangat tinggi
39	*Mimusops elengi*	Tanjung				√	√				√	34,29 (Dahlan, 2008)	Rendah
40	*Samanea saman*	Trembesi	√			√	√	√				28448,39 (Sari dkk, 2018)	Ekstra tinggi

Keterangan:

I = Manukan Lor IV
II = Manukan Kulon (Jl. Manukan Yoso)
III =Eks Lokalisasi
IV = Jemursari
V = Taman Manukan Mulyo
VI = Manukan Rejo Blok 1
VII = Rusun Bandarejo
VIII = Taman Listia
IX = Jl. Asem Jaya Gang 1

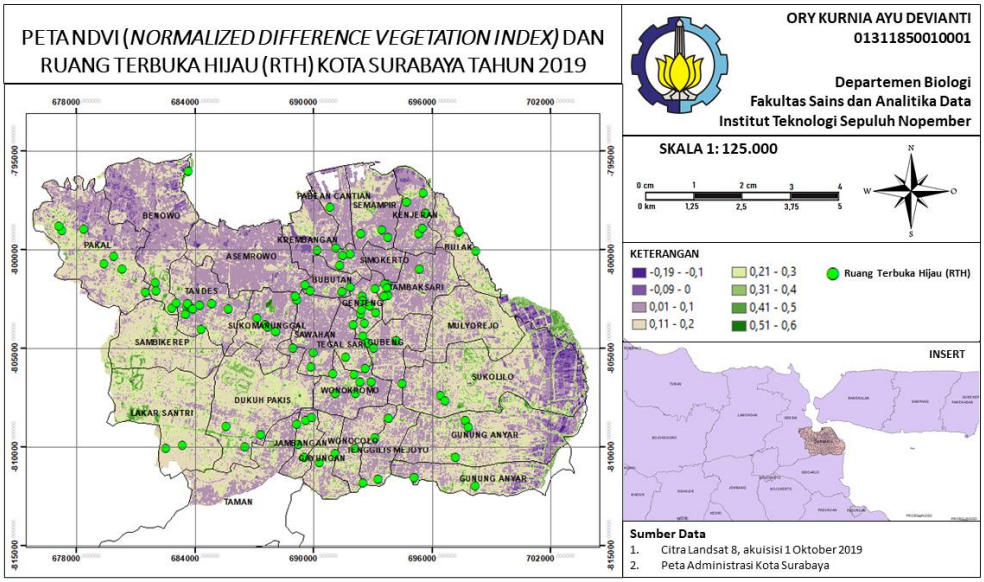
Kemampuan Serapan CO_2 (satuan dalam kg pohon^{-1} tahun^{-1})

Sangat Rendah	< 9,99
Rendah	10 – 49,9
Sedang	50 – 150
Tinggi	150 – 500
Sangat Tinggi	500 – 1000
Ekstra Tinggi	>1000

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diketahui bahwa RTH taman aktif Jemursari terdapat jenis tanaman yang memiliki kemampuan serapan karbon dioksida tinggi lebih banyak dibandingkan dengan RTH taman aktif lainnya. Taman aktif Jemursari memiliki 21 jenis tanaman untuk habitus pohon dan palem, dimana 10 diantaranya memiliki kemampuan daya serap karbon dioksida yang tinggi, contohnya trembesi (*Samanea saman*, 28448,39 kg/tahun), beringin (*Ficus benjamina*, 539,90 kg/tahun), bintaro (*Cerbera adollam*, 4509,00 kg/tahun) dan akasia (*Acacia auriculiformis*, 1446,39 kg/tahun). Selain taman aktif Jemursari, taman aktif lainnya yang memiliki tumbuhan daya serap karbon dioksida tinggi adalah Jl. Asem Jaya Gang 1 memiliki 5 jenis, Taman Manukan Mulyo dengan 4 jenis, Manukan Kulon dan Taman Listia memiliki 3 jenis tanaman dengan kemampuan serapan karbon dioksida tinggi. Taman aktif Jl. Asem Jaya Gang 1 memiliki 12 jenis tanaman dimana 5 diantaranya memiliki kemampuan serapan karbon dioksida yang tinggi. Taman Manukan Mulyo memiliki 11 jenis tanaman dimana 4 diantaranya memiliki kemampuan serapan karbon dioksida yang tinggi yaitu trembesi (*Samanea saman*, 28448,39 kg/tahun), bintaro (*Cerbera adollam*, 4509 kg/tahun), glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*, 1016,42 kg/tahun) dan ketapang kencana (*Terminalia molineti*, 211,79 kg/tahun). Kemudian, taman aktif Manukan Kulon memiliki 7 jenis tanaman dengan 3 diantaranya memiliki kemampuan serapan karbon dioksida yang tinggi yaitu mangga (*Mangifera indica*, 445,11 kg/tahun), jambu biji (*Psidium guajava*, 390,88 kg/tahun), ketapang kencana (*Terminalia molineti*, 211,79 kg/tahun). Taman aktif berikutnya memiliki jumlah tanaman dengan kemampuan serapan karbon dioksida tinggi sama dengan tamaan aktif Manukan Kulon yaitu Taman Listia. Taman listia memiliki 8 jenis tanaman dengan 3 diantaranya memiliki kemampuan serapan karbon dioksida yang tinggi yaitu kol banda (*Pisonia alba*, 192,85 kg/tahun), lamtoro (*Leucaena leucocephala*, 1446,39 kg/tahun), dan tabebuia kuning (*Tabebuia chrysanta*, 212,14 kg/pohon). Selanjutnya, taman aktif yang memiliki tanaman dengan kemampuan serapan karbon dioksida kurang dari 3 jenis, yaitu Manukan Lor IV (2 jenis), Eks Lokalisasi (1 jenis), Rusun Bandarejo (1 jenis), dan Manukan Rejo Blok I (1 jenis) yang berupa tanaman trembesi (*Samanea saman*, 28448,39 kg/tahun),

ketapang kencana (*Terminalia molineti*, 211,79 kg/tahun) dan pulai (*Alstonia scholaris*, 11565,42 kg/pohon).

Selain dilakukan analisis kemampuan serapan karbon dioksida tiap jenis tanaman yang terdapat di RTH taman aktif tersebut, juga dilakukan analisis kerapatan vegetasi menggunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation*). Analisis ini dilakukan untuk validasi kondisi vegetasi di Kota Surabaya. Berdasarkan analisis citra yang telah dilakukan, menghasilkan 6 kelas/range dari NDVI. Kelas I memiliki nilai NDVI (-0,19) – (-0,1) (Bisrat & Berhanu, 2018), yang merupakan badan air, kelas II memiliki nilai NDVI (-0,09) – 0 merupakan area rawa atau lahan basah (Bisrat & Berhanu, 2018), kelas III memiliki nilai 0,01 – 0,1 berupa area tanah lapang (tanah gundul) (Bisrat & Berhanu, 2018), kelas IV dengan nilai 0,11 – 0,2 merupakan area dengan vegetasi yang memiliki daun muda (Bisrat & Berhanu, 2018), kelas V memiliki nilai NDVI 0,21 – 0,3 berupa area semak dan padang rumput atau area dengan vegetasi berdaun hijau sedang (Bid, 2016; Bisrat & Berhanu, 2018). Kelas VI dan VII memiliki nilai antara 0,31 – 0,5 merupakan area hutan beriklim tropis yang jarang dan tidak sehat (Bid, 2016; Bisrat & Berhanu, 2018). Kelas VIII memiliki nilai NDVI tertinggi 0,51 – 0,6 yang merupakan hutan yang lebat dan sehat (Bid, 2016). Berdasarkan hasil analisis citra Landsat 8 OLI yang dioverlay kan dengan peta sebaran RTH taman kota di Surabaya, terlihat bahwa area yang terdapat RTH memiliki nilai NDVI yang tinggi. Hal ini berbeda dengan area yang tidak terdapat RTH, dimana memiliki nilai NDVI yang rendah, karena berupa lahan terbangun atau lahan kosong.



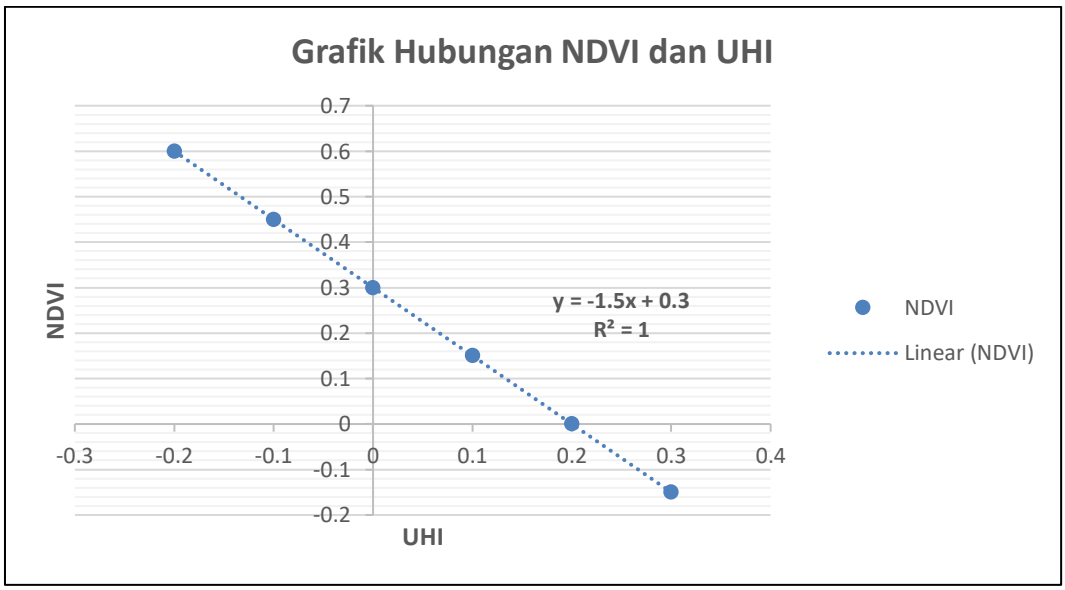
Gambar 4.5 Peta NDVI dan RTH Kota Surabaya 2019

4.4 Hubungan Urban Heat Island (UHI) dengan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Surabaya

Permintaan lahan yang tinggi terjadi pada wilayah perkotaan, sehingga menyebabkan luasan lahan terbangun semakin meningkat. Sehingga memberikan dampak pada suhu permukaan daratan di sebuah kota akan tinggi. Perkembangan kota yang semakin meningkat dapat memicu kompetisi pengguna lahan yang pada akhirnya akan mendesak keberadaan ruang terbuka hijau sebagai unsur pengatur suhu mikro perkotaan. Ruang terbuka hijau akan beralih fungsi menjadi permukiman, jasa – jasa, bisnis, perkantoran, industri ataupun gedung – gedung lainnya. Ruang dengan vegetasi alami akan tergantikan dengan permukaan kawasan yang sulit terevaporasi seperti aspal, dan beton. Kondisi ini akan memicu terjadi kontrasnya radiasi permukaan dan kecenderungan kenaikan suhu permukaan kota menjadi lebih tinggi (Riyadi & Rahayu, 2019). Kerapatan vegetasi dari suatu area dapat dilihat melalui analisis NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Kerapatan vegetasi dan NDVI memiliki hubungan yang searah, dengan kata lain pada nilai kerapatan vegetasi yang semakin tinggi diperoleh dengan nilai NDVI yang semakin tinggi (mendekati 1) dan sebaliknya, bila kerapatan vegetasi rendah akan diperoleh nilai NDVI yang rendah (mendekati -1) (Latuamury, 2013). NDVI ini juga memiliki hubungan dengan suhu permukaan daratan yang merupakan

hubungan berbanding terbalik, jika perubahan indeks vegetasi menurun, maka suhu permukaan daratan (LST) mengalami peningkatan (Riyadi & Rahayu, 2019). Selain itu, NDVI juga memiliki hubungan dengan konsentrasi CO_2 di udara. Dimana NDVI dan konsentrasi CO_2 berkorelasi negatif, apabila nilai NDVI tinggi, maka konsentrasi CO_2 rendah. Sehingga semakin besar kerapatan vegetasi, maka semakin tinggi pula CO_2 yang diserap (Liu et al., 2011; Yuan et al., 2018). Peningkatan proses fiksasi CO_2 berkorelasi dengan peningkatan nilai NDVI (Burgheimer et al., 2006).

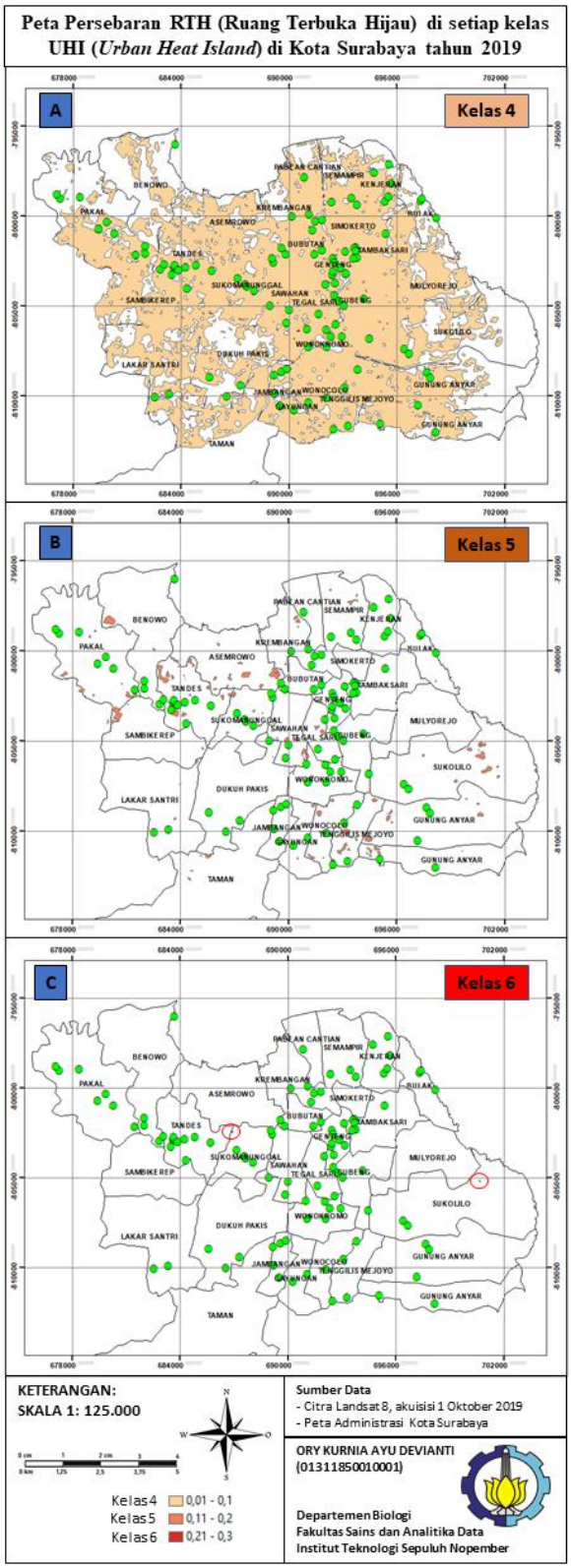
Berdasarkan analisis uji Regresi Linier (gambar 4.6) yang didapatkan nilai persamaan yaitu y = -1,5x + 0,3 dengan nilai R^2 = 1. Nilai negatif pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif (berlawanan) antara Indeks Vegetasi dengan UHI (*Urban Heat Island*). Nilai R^2 tersebut dapat membuktikan bahwa kerapatan vegetasi mempunyai pengaruh yaitu 100% terhadap *Urban Heat Island* (UHI). Hal ini juga terjadi pada penelitian Zhang et al (2012), bahwa *Urban Heat Island* (UHI) dan kehijauan vegetasi (NDVI) memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan kehijauan vegetasi dan berpengaruh signifikan terhadap suhu permukaan daratan dengan persamaan regresi Y = -5,9268x + 299,67 (Zhang et al., 2012). Hal ini juga sesuai dengan penelitian Indrawati dkk (2020), bahwa kerapatan vegetasi terhadap suhu permukaan maka diperoleh nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar -0.744.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Regresi UHI dan NDVI di Kota Surabaya tahun 2019

Selain itu, juga dilakukan uji korelasi Pearson dimana hasil perhitungan korelasi Pearson didapatkan nilai korelasi sebesar -1. Hal ini berarti korelasi antara NDVI dengan UHI mempunyai hubungan yang terjadi berkebalikan arah yang ditunjukkan oleh tanda negatif (-) di depan nilai korelasi. Hasil korelasi yang terjadi antara UHI dan NDVI berdasarkan pada Sugiyono (2014) dalam Halin dkk (2017) termasuk kategori memiliki keterhubungan sangat kuat (0,80 – 1,00). Hal ini dapat diasumsikan bahwa semakin kecil tutupan vegetasi (NDVI) Kota Surabaya, maka semakin tinggi pula UHI. Berdasarkan nilai korelasi yang telah didapatkan dengan analisis Pearson maka antara variabel NDVI dengan variabel suhu permukaan memiliki hubungan negatif. Nilai koefisien korelasi negatif berarti antara kedua variabel mempunyai hubungan berbanding terbalik, yaitu kerapatan vegetasi tinggi maka nilai LST akan rendah. Dan sebaliknya, apabila nilai kerapatan vegetasi rendah maka nilai LST akan tinggi (Indrawati dkk., 2020).

Berdasarkan gambar 4.7 dapat dilihat bahwa area yang terdapat RTH memiliki nilai UHI yang rendah (kelas 4). Sedangkan area yang memiliki nilai UHI yang tinggi (kelas 5 dan 6) tidak terdapat RTH di area tersebut. Sehingga dapat diasumsikan bahwa UHI dan RTH (memiliki nilai NDVI kelas 3 – 6) memiliki hubungan yang berlawanan, dimana nilai UHI tinggi, maka tidak ada RTH disekitarnya.



Gambar 4.7 Peta Persebaran RTH di Setiap Kelas UHI di Kota Surabaya 2019

Fenomena *Urban Heat Island* yang ada di Kota Surabaya terjadi dikarenakan banyaknya lahan terbangun dan kurangnya vegetasi di bagian pusat

Kota Surabaya. Selain itu, kerapatan vegetasi juga sangat mempengaruhi fenomena UHI. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4 fenomena UHI di Kota Surabaya sebagian besar tejadi pada area dengan kerapatan vegetasi yang rendah atau tidak ada vegetasi di sekitarnya.

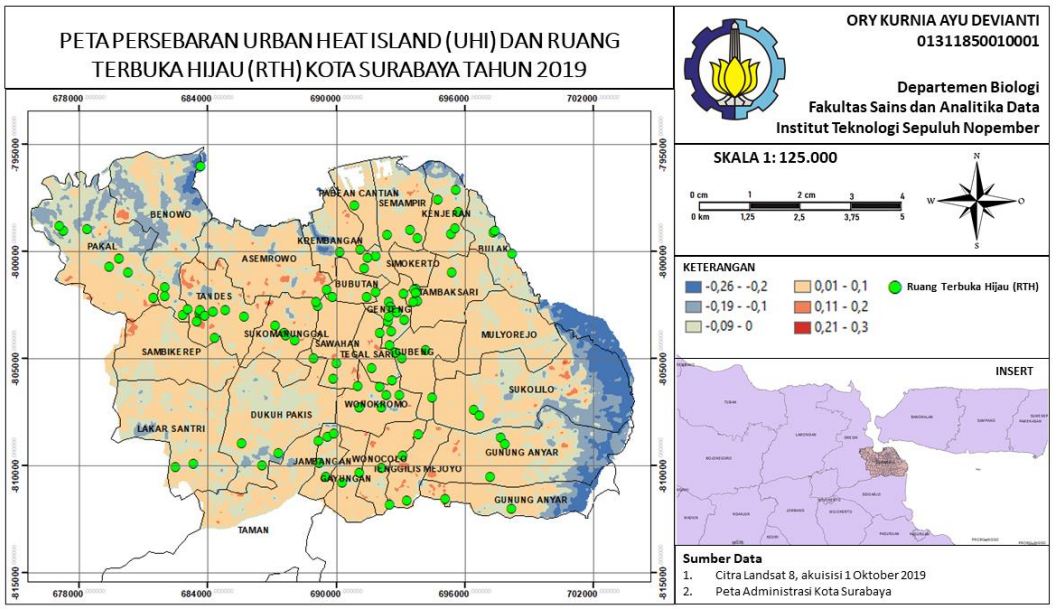
Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, suhu maksimum di Kota Surabaya adalah 39 ℃. Suhu yang tinggi diduga disebabkan terjadinya perubahan penutupan lahan, penambahan penduduk dan aktivitas terkait dengan kehidupan masyarakat perkotaan. Berdasarkan hasil overlay peta antara UHI dan RTH menunjukkan bahwa kehijauan tanaman dapat mempengaruhi tinggi rendahnya UHI. Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran besar dalam menurunkan suhu maksimum (39 ℃) agar menjadi lebih rendah melalui dua mekanisme. Menurut Effendy (2011), mekanisme pertama kanopi hutan yang mampu mengurangi radiasi matahari yang datang ke permukaan lantai hutan, sehingga suhu permukaan lantai hutan menjadi rendah, begitu pula dengan suhu udara di atas permukaan di bawah kanopi hutan. Mekanisme kedua melalui penggunaan energi pada siang hari untuk evapotranspirasi. Sehingga semakin rendah prosentase RTH menyebabkan udara menjadi meningkat (Ahmad dkk., 2012). Berdasarkan gambar 4.7, dapat dilihat bahwa area yang memiliki UHI kelas 5 dan 6 tidak ada RTH yang menutupi area tersebut sehingga memiliki suhu yang tinggi.

Suhu yang tinggi dapat disebabkan karena tingginya pencemaran di area tersebut. Setiap tahun terjadi peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer yang diikuti dengan peningkatan suhu. RTH memiliki peran dalam menurunkan tingkat polusi dengan menyerap polusi sehingga kualitas udara dapat meningkat (Basri, 2009). Kurdi (2008) berpendapat bahwa ada dua elemen utama yang dapat menurunkan CO_2 secara alami, yaitu penghijauan dan badan air seperti sungai atau danau. Penghijauan dapat berupa hutan kota, jalur hijau, taman kota, kebun dan halaman berfungsi sebagai salah satu langkah pengendalian pencemaran udara ambien. Tanaman akan menyerap CO_2 dalam proses fotosintesis. Sedangkan kolam air atau danau dan sungai dapat mengabsorpsi CO_2 dan berfungsi sebagai bak penampung (sink) yang besar. Laju serapan CO_2 dapat dipengaruhi oleh faktor internal seperti kandungan klorofil stomata daun tua rata – rata lebih tinggi dibandingkan dengan klorofil daun muda, sehingga besar laju fotosintesis daun muda dan daun tua

berbeda. Selain itu, faktor eksternal seperti iklim mikro (cahaya matahari, suhu dan tekanan udara pada permukaan daun mempengaruhi pembukaan stomata sehingga mempengaruhi serapan CO_2. Laju serapan CO_2 dapat terjadi pada kondisi iklim mikro yang optimum. Kondisi optimum ini berbeda untuk setiap jenis tumbuhan. Spesies pohon yang baik adalah memiliki laju serapan CO_2 tinggi, laju transpirasi dan pembukaan stomata tetap optimum walaupun pada kondisi suboptimum (kekeringan, intensitas cahaya terlalu rendah atau terlalu tinggi, konsentrasi CO_2 atmosfer terlalu rendah atau terlalu tinggi), tumbuh cepat, akumulasi biomassa tinggi dan berumur panjang.

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui bahwa di beberapa RTH taman aktif memiliki tanaman dengan daya serap CO_2 yang tinggi. Akan tetapi, suhu di area tersebut masih tinggi, sehingga terjadi UHI. RTH yang memiliki banyak tanaman belum tentu mampu mengurangi konsentrasi CO_2 dan menurunkan suhu di area tersebut. Hal ini dapat terjadi karena tinggi nya sumbangan CO_2 ke udara, yang tidak diimbangi dengan kemampuan serapan CO_2 yang baik dari tanaman. Berdasarkan penelitian Maarif & Setiawan (2016), total emisi CO_2 yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di koridor Tandes hingga Benowo adalah 248,00 kg per jamnya. Sedangkan taman publik eksisting yang ada hanya mampu menyerap emisi CO_2 sebesar 39,87 kg per jamnya, sehingga terdapat sisa sebesar 208,13 kg CO_2 yang belum mampu terserap oleh RTH publik eksisting. Hal ini juga dapat dipengaruhi karena perbedaan tinggi dan diameter tanaman dari tiap taman aktif berbeda – beda sehingga berdampak pada kemampuan tanaman dalam menyerap karbon (Pane dkk., 2016). Hal ini juga dijelaskan oleh Superales (2006) bahwa batang tanaman berperan sebagai penyimpanan karbon yang dihasilkan dari proses penyerapan karbon dioksida di udara dengan kemampuan menyimpan 34% lebih besar dibandingkan daun. Setiap pohon yang ada di RTH taman aktif memiliki kemampuan menyerap karbon emisi karbon dioksida yang berbeda – beda. Luas ruang terbuka hijau, jumlah dan jenis pohon sangat mempengaruhi besarnya kemampuan dalam menyerap emisi karbon dioksida. Semakin luas ruang terbuka hijau maka semakin banyak pula pohon yang ada di dalamnya tetapi jumlah pohon yang banyak tidak menjadi jaminan akan besarnya kemampuan pohon dalam menyerap emisi karbon dioksida (Chamid dkk., 2018). Berdasarkan ukurannya

RTH dibedakan menjadi 3 kategori, yaitu ukuran kecil (kurang dari 0,1 ha), ukuran sedang (antara 0,1 dan 12 ha), dan ukuran besar (lebih dari 20 ha). Ukuran dari RTH ini mempengaruhi jangkauan kemampuan RTH dalam menurunkan suhu. Berdasarkan penelitian Vas Monteiro *et al*., 2016) menunjukkan bahwa RTH dengan luas 0,5-2 ha hanya dapat menurunkan suhu hingga 3°C dengan jarak 40m, dan RTH dengan luas 3-5 ha dapat menurunkan suhu hingga 0,7°C dengan jarak 70-120 m. Kemudian, RTH dengan ukuran yang lebih luas hingga 12,1 ha dapat menurunkan suhu hingga 1°C dengan jarak 180-330 m (Cohen *et al*., 2012). Selain dari ukuran atau luasan dari RTH, bentuk dari RTH itu sendiri mempengaruhi kemampuan dalam menurunkan suhu. Hal ini sesuai dengan penelitian Yu et al (2017) bahwa RTH yang memiliki bentuk melingkar dan persegi panjang memainkan peran penting dalam efek pendinginan.



Gambar 4.8 Peta Persebaran UHI dan RTH di Kota Surabaya tahun 2019

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diasumsikan bahwa RTH di Kota Surabaya belum mampu menurunkan suhu dalam upaya mitigasi UHI. Sehingga perlu dilakukan optimalisasi tidak hanya RTH Taman aktif saja, tetapi juga perlu dilakukan optimalisasi RTH lainnya seperti RTH taman pasif, dan RTH pinggir jalan dalam upaya menurunkan suhu melalui penyerapan emisi CO_2 yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. dengan cara melakukan penambahan tanaman

atau mengganti tanaman lama dengan tanaman baru yang memiliki daya serap CO_2 tinggi sehingga emisi CO_2 dapat terserap secara optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kota Surabaya memiliki suhu tertinggi sebesar 39 ℃ dan mengalami fenomena UHI (Urban Heat Island) yang tersebar di berbagai kecamatan dengan tingkat kelas yang berbeda – beda. Dimana kelas UHI 4 memiliki luasan yang paling besar dibandingkan dengan kelas UHI 5 dan 6.
2. Ruang Terbuka Hijau (RTH) di kota Surabaya yang terdapat di sekitar UHI kelas 5 dan 6 terdiri dari Jemursari, Taman Listia, Eks Lokalisasi, Taman Manukan Mulyo, Manukan Rejo Blok I, Jl. Asem Jaya Gang 1, Rusun Bandarejo, Manukan Lor, dan Manukan Kulon IV. RTH Jemursari memiliki jumlah tanaman dengan kemampuan serapan karbon paling banyak (10 jenis) dibandingkan dengan taman aktif lainnya (1 – 5 jenis).
3. Ruang Terbuka Hijau (RTH) taman kota di kota Surabaya belum mampu menurunkan suhu di kelas UHI 5 dan 6, meskipun memiliki jenis tanaman dengan kemampuan serapan karbon dioksida yang tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan UHI, RTH dan emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh transportasi di Kota Surabaya.
2. Perlu dilakukan optimalisasi RTH di kota Surabaya yang tidak hanya berupa taman aktif saja, tetapi juga RTH lain seperti RTH taman pasif dan RTH peneduh jalan dengan memodifikasi atau menambah tanaman yang memiliki daya serap karbon dioksida yang tinggi supaya mampu membantu penurunan suhu di Kota Surabaya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar Iskandar, 2006. **Perkiraan Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk Transportasi Darat**. Badan Litbang Perhubungan Departemen Perhubungan RI Jakarta.

Aditya, H., Lestari, S., Lestiana, H. 2012. Studi Pulau Panas Perkotaan dan Kaitannya dengan Perubahan Parameter Iklim Suhu dan Curah Hujan Menggunakan Citra Satelit Landsat TM Studi Kasus DKI Jakarta dan Sekitarnya. **Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca**, Vol.13 (1):19 - 24

Ahmad, F., Arifin, H.S., Dahlan, E.N., Effendy, S., Kurniawan, R. 2012. Analisis Hubungan Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Perubahan Suhu di Kota Palu. **Jurnal Hutan Tropis**, Vol.13 (2): 173 - 180

Akbari, H., Matthews, H.D. 2012. Global cooling updates: Reflective roofs and pavements. **Energy and Buildings**, Vol.55: 2 – 6

Ardiansyah. 2009. Daya Rosot Karbondioksida Oleh Beberapa Jenis Tanaman Hutan Kota Di Kampus IPB Darmaga. **Skripsi.** Fakultas Kehutanan IPB. Bogor

Avdan, U., Jovanovska, G. 2016. Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. **Journal of Sensors**. Vol 2016 http://dx.doi.org/10.1155/2016/1480307

Awaluddin, M., Darmo, B. 2010. Penajaman dan Segmentasi Pengolahan Pada Pengolahan Citra Digital. **Teknik**, Vol.31(1): 63 – 67

Bappeko. 2012. **Kajian Optimalisasi Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Publik di Kota Surabaya, Pemerintah Kota Surabaya**.

Basri, I.S. 2009. Jalur Hijau (Green Belt) sebagai Kontrol Polusi Udara Hubungannya Dengan Kualitas Hidup di Perkotaan. **Jurnal SMARTek**, Vol. 7 (2): 113 - 120.

Bernales, A. M. 2016. Modelling the Relationship Between Land Surface Temperature and Landscape Patterns of Land Use Land Cover Classification Using Multi Linear Regression Models. **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci**., pp. 851–856

Bid, S. 2016. Change Detection of Vegetation Cover by NDVI Technique on Cathment Area of the Panchet Hill Dam, India. **International Journal of Research in Geography (IJRG)**, Vol. 2 (3): 11 – 20.

Bisrat, E., Berhanu, B. 2018. Identification of Surface Water Storing Sites Using Topographic Wetness Index (TWI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). **Journal of Natural Resource and Development**, Vol. 08: 91 – 100.

Bristow, R.S., Blackie, R., Brown, N. 2010. Parks and The Urban Heat Island: A Longitudinal Study in Westfield, Massachusetts. **Proceesings of the 2010 Northeastern Recreation Research Symposium.**

Budhiyanto, A. 2018. Urban Heat Island di Kota Bandung dan Faktor Pendorongnya. **Jurnal Saintek**, Vol.15 (1): 1-4

Budiman, A., Sulistyantara, B., Zain, A.F.M. 2014. Deteksi Perubahan Ruang Terbuka Hijau Pada 5 Kota Besar di Pulau Jawa (Studi kasus: DKI Jakarta, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Jogjakarta, dan Kota Surabaya). **Jurnal Lanskap Indonesia**, Vol.6(1): 7 – 15

Chamid, A., Setyowati, D.L, Tukidi. 2018. Analisis Ketersediaan Pohon Sebagai Penyerap Emisi Karbon di Kampus Unnes. **Geo Image**, Vol.7 (1): 1 – 10.

Cohen, P., Potchter, O., Matzarakis, A. 2012. Daily and Seasonal climatic conditions of green urban open spaces in Mediterranean climate and their impact on human comfort. **Building and Environment**, Vol. 51: 285 – 295.

Dahlan, E.N. 2008. Jumlah Emisi Gas CO_2 dan Pemilihan Jenis Tanaman Berdaya Rosot Sangat Tinggi: Studi Kasus Di Kota Bogor. **Media Konservasi**, Vol. 13 (2): 85 - 89

Danarto, S.A. 2020. Penaksiran Riap Biomassa dan Riap Karbon pada Famili Sapindaceae di Kebun Raya Purwodadi. **Jurnal Sylva Lestari**, Vol. 8 (2): 241 - 254.

Darlina, S.P., Sasmito, B., Yuwono, B.D. 2018. Analisis Fenomena Urban Heat Island serta Mitigasinya (Studi Kasus: Kota Semarang). **Jurnal Geodesi Undip**, Vol. 7(3): 77 – 87.

Davies, R.G., Barbosa, O., Fuller, R.A., Tratalos, J., Burker, N., Lewis, D. 2008. City-wide relationships between green spaces, urban land use and topography. **Urban Ecosystem**. Vol. 11: 269 - 287

Dede, M., Pramulatsih, G.P., Widiawaty, M.A., Ramadhan, Y.R., Ati, A. 2019. Dinamika Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi di Kota Cirebon. **Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika**, Vol.6(1): 23 – 30

Delarizka, A., Sasmito, B., Hani'ah. 2016. Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal LANDSAT. **Jurnal Geodesi Undip**. Vol. 5 (4).

Dimoudi, A., Kantzioura, A., Zoras, S., Pallas, C., Kosmopoulos, P. 2013. Investigation of Urban microclimate parameters in an urban center. **Energy Build**. Vol. 64: 1 – 9

Ernawati, R. 2015. Optimalisasi Fungsi Ekologis Ruang Terbuka Hijau Publik di Kota Surabaya. **EMARA Indonesian Journal of Architecture**, Vol.1(2): 60 – 68

Fatimah, I.S., Sinukaban, N., Munandar, A., Kholil. 2013. Valuasi Manfaat Ekologis Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Bogor dengan Aplikasi CITYGREEN 5.4. **Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan**, Vol. 3 (1): 31 - 38

Fawzi, N.I. 2013. **Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta – Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan**. Yogyakarta: UGM

Fawzi, N.I. 2017. Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus di Kota Yogyakarta. **Majalah Ilmiah Globe**, Vol.19 (2): 195 – 206

Fitrada, W., Handika, R.A., Rodhiyah, Z. 2020. Potensi Vegetasi Hutan Kota Dalam Reduksi Emisi Karbondioksida (CO_2) Di Kota Jambi. **Biospecies**, Vol. 13 (1): 23 – 28.

Giguere, M. 2009. **Urban Heat Island Mitigation Strategies**. Canada: Gouvernment du Quebec

Gratimah, G. 2009. Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO_2 Antropogenik di Pusat Kota Medan. **Tesis**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.

Hidayat, M., Laiyanah, Silvia, N., Putri, Y.A., Marhamah, N. 2017. Analisis Vegetasi Tumbuhan Menggunakan Metode Transek Garis (Line Transek) di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kabupaten Aceh Besar. **Prosiding Seminar Nasional Biotik**. ISBN: 978 - 602 - 60401 - 3 - 8

Hinkel, K., Nelson, F., Klene, A., Bell, J. 2003. The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. **International Journal of Climatology**. Vol. 23: 1889- 1905.

Imansari, N., Khadiyanta, P. 2015. Penyediaan Hutan Kota dan Taman Kota sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik Menurut Preferensi Masyarakat di Kawasan Pusat Kota Tangerang. **Ruang**, Vol.1(3): 101 – 110

Indrawati, D.M., Suharyadi, Widayani, P. 2020. Analisis Pengaruh Kerapatan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan dan Keterkaitannya Dengan Fenomena UHI. **Media Komunikasi Geografi**, Vol. 21 (1): 99 – 109.

Jain, G., Sarkar, S. 2017. Urban Heat Island: Causes, Effects & Mitigating Strategies. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, Vol.3(5): 2098 – 2103

Jatayu, A., Susetyo, C. 2017. Analisis Perubahan Temperatur Permukaan Wilayah Surabaya Timur Tahun 2001 – 2016 Menggunakan Citra LANDSAT. **Jurnal Teknik ITS**, Vol.6(2): C429 – C433

Jeevalakshmi, D., Reddy, S.N., Manikiam, B. 2017. Land Surface Temperature retrieval from LANDSAT data using Emissivity Estimation. **International Journal of Applied Engineerig Research**, Vol.12 (20): 9679 - 9687

Jihan, J.C. 2014. Analisis Zona Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Sukolilo Surabaya Timur Berbasis SIG. **Tesis**. Fakultas Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Jo, H.K. 2002. Impacts or urban greenspace in offsetting carbon emmisions for middle Korea. **Journal of Environmental Management**, Vol. 64 (2): 115 - 126

Karimi, A., Pahlavani, P., Bigdeli, B. 2017. Land Use Analysis on Land Surface Temperature In Urban Areas Using A Geographically Weighted Regression And Landsat 8 Imagery, A Case Study: Tehran, Iran. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Vol. XLII-4/W4: 117-122

Keeratikasikorn, C., Bonafoni, S. 2018. Urban Heat Island Analysis over the Land Use Zoning Plan of Bangkok by Means of Landsat 8 Imagery. **Remote Sens**, Vol. 10 (440): 1 - 13

Khomarudin, M. R. 2004. Mendeteksi Pulau Panas (Heat Island) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh. **Warta LAPAN** Vol.6 (2).

Kurdi, S.Z. 2008. Pengaruh Emisi CO_2 Dari Sekotr Perumahan Perkotaan Terhadap Kualitas Lingkungan Global. Jurnal Permukiman, Vol. 3 (2): 137 - 150.

Landsberg, H.E. 1981. **The Urban Climate**. New York: Academic Press Inc

Lee, H. 2016. Analysis of Carbon Dioxide and Clud Effects on Temperature in Northeast China. **Procedia Computer Science**, Vol. 91: 690 - 699

Maarif, A., Setiawan, R.P. 2016. Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Untuk Menyerap Emisi CO_2 Kendaraan Bermotor Di Surabaya (Studi Kasus: Koridor Jalan Tandes Hingga Benowo). **Jurnal Teknik ITS**, Vol. 5(2): D216 – D220.

Meng, X., Cheng, J., Zhao, S., Liu, S., Yao, Y. 2019. Estimating Land Surface Temperature from Landsat - 8 Data using the NOAA JPSS Enterprise Algorithm. **Remote Sensing,** Vol.11 (155): 1 - 18

Morfitt, R., Barsi, J., Levy, R., Marjham, B., Micijevic, E., Ong, L., Scaramuzza, P., Vanderwerff, K. 2015. Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) Radiometric Perfomance On-Orbit. **Remote Sensing**, Vol. 7: 2208 - 2237

Mukti, L.P.D., Sudarsono, Sulistyono. 2016. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat dan Pemanfaatannya di Hutan Turgo, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta. **Jurnal Biologi.** Vol.5 (5).

Mulyadin, R.M., Gusti, R.E.P. 2013. Analisis Kebutuhan Luasan Area Hijau Berdasarkan Daya Serap CO_2 di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah. **Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan**, Vol. 10 (4): 264 - 273

Nasarudin, N.E.M., Shafri, H.Z.M. 2011. Development and Utiliation of Urban Spectral Library for Remote Sensing of Urban Environment. **Journal of Urban and Environmental**, Vol.5(1): 44 – 56

Nasrudin, A., Parikesit. 2020. Analisis vegetasi karst di kawasan kampus universitas Padjajaran Cintaratu, Pangandaran, Jawa Barat. **PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON**, Vol. 6 (1): 468 – 475. DOI: 10.13057/psnmbi/m060102

Noviyanti, E. 2016. Konsep Manajemen UHI (Urban Heat Island) di Kawasan CBD Kota Surabaya (UP. Tunjungan). **Tesis.** Jurusan Arsitektur, Bidang Keahlian Manajemen Pembangunan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Nugradi, D.N.A. 2009. Identifikasi Ruang Terbuka Hijau Kota Semarang. **Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan**, Vol.11(1): 61 – 70

Nuraina, I., Fahrizal, Prayoga, H. 2018. Analisa Komposisi dan Keanekaragaman Jenis Tegakan Penyusun Huta Tembawang Jelomuk Di Desa Meta Bersatu Kecamatan Sayan Kabupaten Melawi. **Jurnal Hutan Lestari**, Vol 6(1): 137 - 146

Okwen, R., Pu, R., Cunningham, J. 2011. Remote sensing of temperature variations around major power plants as point sources of heat. **International Journal of Remote Sensing**, Vol.32(13): 3791 – 3805

Pane, S.M., Yoza, D., Sulaeman, R. 2016. Potensi Serapan Karbondioksida (CO_2) Pada Pohon Peneduh Di Jalan Soekarno Hatta Kota Pekanbaru. **Jom Faperta**, Vol. 3 (2): 1 – 8.

Pasaribu, M.J., Tangahu, B.V. 2015. Kajian Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Menyerap CO_2 Udara Ambien dari Transportasi Darat di Jalan Perak Barat dan Jalan Perak Timur, Surabaya. **Jurnal Teknik ITS**, Vol.5(2): D138 – D143

Pengadilan Negeri Surabaya. 2020. **Wilayah Yuridiksi**. https://pn-surabayakota.go.id/wilayahyurisdiksi/#:~:text=Wilayah%20Surabaya%20Pusat%20meliputi%204,Kecamatan%20Bubutan di akses pada tanggal 18 Juli 2020, pukul 16.58

Phelan, P.E., Kaloush, K., Miner, M., Golden, J., Phelan, B., Silva III, H., Taylor, R.A. 2015. Urban Heat Island: Mechanisms, Implications, and Possible Remedies. **Annual Review of Environment and Resources**, Vol.40(7): 7.1 – 7.23

Praseti, H., Riduan, R., Annisa, N. 2018. Variasi Kemampuan Beberapa Jenis Pohon Dalam Menyerap CO_2 Pada Taman Kota Banjarbaru. **Jurnal Teknik Lingkungan,** Vol. 4 (2): 72 - 76.

Pratiwi, S.N. 2018. A Review of Material Cover Features For mitigating Urban Heat Island. **International Journal on Livable Space**, Vol.03(2): 71 – 80

Purwandari, E.P. 2014. Peningkatan Kualitas Pembelajaran Pengolahan Citra Digital Pada Program Studi Teknik Informatika Menggunakan Model Project Based Learning. **Jurnal Rekursif**, Vol.2(1): 53 – 62

Rai, P.K. 2016. Biodiversity of roadside plants and their response to ait pollution in an Indo-Burma hotspot region: implications for urban ecosystem restoration. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, Vol.9: 47-55

Rajeswari, A., Mani, N.D. 2014. Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District Using LANDSAT 8 Data. **International Journal of Research in Engineering and Technology**. Vol. 03 (05)

Rambaradellangga, A., Herlina, N., Arifin. 2018. Analisis Kemampuan RTH dalam Mereduduksi CO_2 dan Suhu Udara Serta Pengaruhnya Terhadap Tingkat Kenyamanan Kampus Universitas Brawijaya. **Jurnal Produksi Tanaman**, Vol. 6 (10): 2482 - 2490.

Republik Indonesia. 2017. Undang - undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan.

Rizki, F., Situmorang, A.D.L., Wau, N., Lubis, Z.L., Anurogom W. 2017. Mapping of Vegetation and Mangorve Distribution Level in Batam Island Using SPOT-5 Satellite Imagery. **Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology**, Vol. 02 (04): 264 - 267

Romadhon, A. 2008. Kajian Nilai Ekologi Melalui Inventarisasi dan Nilai Indeks Penting (INP) Mangrove Terhadap Perlindungan Lingkungan Kepulauan Kangean. **Embryo**, Vol.5 (1): 82-97

Roshinta, R.R., Mangkoedihardjo, S. 2016. Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi Gas Karbon Dioksida (CO_2) pada Kawasan Kampus ITS Sukolilo, Surabaya. **Jurnal Teknik ITS**, Vol. 5 (2): D132 - D137

Rotem-Mindali, O., Michael. Y., Helman, D., Lensky, I.M. 2015. The role of local land-use on the urban heat island effect of Tel Aviv as assessed from satellite remote sensing. Applies Geography, Vol. 56: 145 – 153.

Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woocock, C.E., Allen, R.G., Anderso, M.C., Helder, D., Irons, J.R., Johnson, D.M., Kennedy, R., Scambos, T.A., Schaaf, C.B., Schott, J.R., Sheng, Y., Vermote, E.F., Belward, A.S., Bindschadler, R., Cohen, W.B., Gao, F., Hipple, J.D., Hostert, P., Huntington, J., Justice, C.O., Kilic, A., Kovalskyy, V., Lee, Z.P., Lymburner, L., Masek, J.G., McCorkel, J., Shuai, Y., Trezza, R., Vogelmann, J., Wynne, R.H., Zhu, Z. Landsat - 8: Science and product vision for terestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, Vol.145: 154 - 172

Rushayati, S.B., Hermawan, R. 2013. Karakteristik Kondisi Urban Heat Island DKI Jakarta. **Media Konservasi**, Vol.18(2): 96 - 100

Sa'iedah, A. 2018. Korelasi Antara Ruang Terbuka Hijau Dengan Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2) dan Oksigen (O_2) di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Santamouris, M., Gaitani, N., Spanou, A., Saliari, M., Giannopoulou, K., Vasilakopoulou, K., Kardomateas, T. 2012. Using cool paving materials to improve microclimate of urban – Design realization and result of the flisvos project. **Building and Environment**, Vol. 53: 128 – 136

Sari, K.E., Ambarsari, D.N., Maulidi, C. 2018. Daya Serap Vegetasi Alun - Alun Kota Batu terhadap CO_2 Aktifitas Transportasi. **Prosiding Seminar Nasional Asosiasi Sekolah Perencanaan Indonesia (ASPI).**

Shishegar, N. 2014. The Impacts of Green Areas on Mitigating Urban Heat Island Effect: A Review. **The International Journal of Environmental Sustainability,** Vol. 9 (1): 119 - 130

Sinaga, S.H., Suprayogi, A., Haniah. 2018. Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index Dan Soil Adjusted Vegetation Index Menggunakan Citra Satelit Sentinel – 2A (Studi Kasus: Kabupaten Demak). **Jurnal Geodesi Undip**, Vol.7(1): 202 – 211

Sobirin, Fatimah, R.N. 2015. Urban Heat Island Kota Surabaya. **Geoedukasi**, Vol. IV (2): 46 – 69.

Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C., Paolini, L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5. **Remote Sensing of Environment**, Vol.90: 434 – 440

Stone, B., Rodgers, M.O. 2001. Urban Form and Thermal Efficiency: How the Design of cities influences the Urban Heat Island Effect. **Journal of American Planning Association**, Vol.67 (2): 186 - 198

Sudarwani, M.M., Ekaputra, Y.D. 2017. Kajian Penambahan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang. **Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan**, Vol. 19 (1): 47 – 56.

Sugiyanto, E., Sitohang, C.A.V. 2017. Optimalisasi Fungsi Ruang Terbuka Hijau Sebagai Ruang Publik di Taman Ayodia Kota Jakarta Selatan. **Jurnal Populis**, Vol.2 (3): 205 - 218

Suomi, J. 2014. **Characteristics of Urban Heat Island (UHI) in A High-Latitude Coastal City – A Case Study of Turku**, SW Finland. Turun yliopisto – University of Turku.

Superales, J.B. 2016. Carbon Dioxide Capture and Storage Potential of Mahagany (*Swietenia macrophylla*) Saplings. **International Journal of Environmental Science and Development**, Vol.7 (8): 611 – 614.

T. Saepudin, A. Admono. 2005. Kajian Pencematan Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta, **J. Teknol**. Indones.

TERI. 2017. **Final Report on Urban Planning Characteristics to Mitigate Climate Change in context of urban Heat Island Effect**. Bangalore: The Energy and Resources Institute

Torres, A.B., Lovett, J.C., 2013. Using Basal Area to Estimate Aboveground Carbon Stocks in Forests: La Primavera Biosphere's Reserve, Mexico. **Forestry**, Vol. 86: 267 – 281.

Tsou, J., Zhuang, J., Zhang, Y. 2017. Urban Heat Island Assessment Using the Landsat 8 Data: A Case Study in Shenzen and Hong Kong. **Urban Science**, Vol.1(10): 1 – 22

Tudjuka, K., Ningsih, S., Toknok, B. 2014. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat Pada Kawasan Hutaan lindung Di Desa Tindoli Kecamatan Pamona Tenggara Kabupaten Poso. **Warta Rimba**, Vol.2 (1): 120 - 128, ISSN: 260 - 8373

United States Environmental Protection Agency (EPA). 2012. **EPA's Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies.**

Utomo, A.W., Suprayogi, A., Sasmito, B. 2017. Analisis Hubungan Variasi Land Surface Temperature dengan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Satelit LANDSAT (Studi Kasus: Kabupaten Pati). **Jurnal Geodesi Undip**. Vol.6 (2).

Vaz Monteiro, M., Doick, K.J., Handley, P., Peace, A. 2016. The Impact of Greenspaces Size on The Extent of Local Nocturnal Air Temperature Colling in London. **Urban Forestry & Urban Greening**, Vol. 16:160 – 169.

Vita, G.D., Pilato, M., Pecorino, B., Brun, F., D'Amico, M. 2017. A review of the role the vegetal ecosystem in CO_2 Capture. **Sustainability** Vol. 9 (1840): 1 - 10

Voogt, J.A. 2002. **Urban Heat Island: Causes and Consequences of Global Environmental Change**. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd.

Weng, Q. 2009. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrametry and Remote Sensing**, Vol.64: 335-344

Wicahyani, S., Sasongko, S.B., Izzati, M. 2014. Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) di Kota Yogyakarta dan Daerah Sekitarnya Hasil Interpretasi Citra Landsat OLI-TIRS Tahun 2013. **Jurnal Geografi**, Vol. 11 (2):196 - 205

Xu, L.Y., Xie, X.D., Li, S. 2013. Correlation analysis of the urban heat island effect and the spatial and temporal distribution of atmospheric particulate using TM images in Beijing. **Environmental Pollution**, Vol. 178: 102 – 114.

Yeh, C.T., Huang, S.L. 2009. Investigating spatiotemporal patterns of landscape diversity in respone to urbanization**. Landscape and Urban Plan**. Vol.93 (3): 151 - 162

Yu, Z., Guo, X., Jorgensen, G., Vejre, H. 2017. How Can Urban Green Spaces be Planned for Climate Adaptation in Subtropical Cities?. **Ecological Indicator**, Vol. 82: 152 – 162.

Yuan, F., Bauer, M.E. 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in landsat imagery. **Remote Sensing Environment**. Vol. 106 (3): 375 – 386

Zein, A.L., Chehayeb, N.A. 2015. The Effect of Greenhouse Gases on Earth's Temperature. **International Journal of Environmental Monitoring and Analysis**, Vol. 3(2): 74 – 79.

Zhang, Y., Yiyun, C., Qing, D., Jiang, P. 2012. Study on Urban Heat Island Effect Based on Normalized Difference Vegetated Index: A Case Study of Wuhan City. **Procedia Environmental Sciences**, Vol. 13: 574 – 581.

BIOGRAFI PENULIS

Penulis dilahirkan di Tulungagung, 4 Februari 1995. Riwayat pendidikan penulis sebagai berikut: SDN Nglampir I 2001-2007, SMPN 1 Bandung (2007-2010), SMA Negeri 1 Boyolangu (2010-2013), S1 Biologi ITS (2013-2017), S2 Biologi ITS (2018-sekarang). Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. PHE WMO Gresik. Pengalaman organisasi penulis antara lain, sebagai ketua departemen sosial masyarakat Himpunan Mahasiswa Biologi, staf departemen sosial masyarakat BEM FMIPA ITS, sekretaris KSBL Pecuk. Penulis merupakan anggota aktif Laboratorium Ekologi, Biologi ITS sebagai Surveyor dan Analisator dan penulis saat ini bekerja di Lembaga Bimbingan Belajar Suhaymi Institute.