

ANALISIS HUBUNGAN KEPADATAN BANGUNAN DAN RUANG TERBUKA HIJAU DENGAN *HUMIDEX* DI SEBAGIAN SURABAYA TIMUR MENGGUNAKAN CITRA *SENTINEL-2* DAN *LANDSAT*

Muhammad Ersa Rafly, Rudi Hartono*, Ferryati Masitoh

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Indonesia

*Corresponding author, email: rudi.hartono.fis@um.ac.id

doi: 10.17977/um063.v4.i12.2024.3

Kata kunci

Kepadatan Bangunan
Ruang Terbuka Hijau
Kenyamanan Termal
Humidex

Keywords

Building Density
Green Open Space
Thermal Comfort
Humidex

Abstrak

Pertumbuhan kota muncul akibat kebutuhan hidup masyarakat kota yang tinggi. Hal ini menyebabkan fenomena pulau bahang sering terjadi di kota – kota besar. Fenomena ini menyebabkan naiknya suhu permukaan di sekitar kawasan terbangun. Tingkat kenyamanan termal dapat diukur dengan menggunakan *Humidex*. Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo merupakan tiga kecamatan yang berada di Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. Ketiga kecamatan ini berada pada daerah sisi timur Kota Surabaya, yang merupakan kawasan permukiman padat penduduk. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh ruang terbuka hijau dan kepadatan bangunan di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo terhadap tingkat kenyamanan termal. Pengolahan data berfokus pada interpretasi digital, uji regresi, dan analisis hubungan. Data yang diolah merupakan data sistem informasi geografis dan penginderaan jauh serta data lapangan. Hasil penelitian mengungkapkan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) mengalami fluktuasi dalam jangka waktu 2011 – 2021. Sama halnya dengan ketersediaan RTH, kepadatan bangunan juga mengalami fluktuasi. Selama tahun 2011 – 2021, Luas lahan RTH mengalami penambahan sebesar 6,02 km², sedangkan untuk penambahan luas lahan terbangun sebesar 0,81 km². Hubungan antara *Humidex* dengan NDVI dan NDBI membuktikan bahwa Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan kerapatan bangunan mempengaruhi *Humidex*, namun perannya tidak terlalu signifikan.

Abstract

The growth of the city arises due to the high life needs of the urban community. This causes the phenomenon of island heat often occurs in big cities. This phenomenon causes an increase in surface temperature around the built area. The level of thermal comfort can be measured using *Humidex*. Gubeng District, Tambaksari District and Mulyorejo District are three sub-districts located in Surabaya City, East Java, Indonesia. These three sub-districts are located on the east side of the city of Surabaya, which is a densely populated residential area. This study was conducted to analyze the effect of green open space and building density in Gubeng District, Tambaksari District and Mulyorejo District on the level of thermal comfort. Data processing focuses on digital interpretation, regression testing, and relationship analysis. The processed data is geographic information system data and remote sensing as well as field data. The results of the study revealed that the availability of green open space (RTH) fluctuated in the period 2011 – 2021. Similar to the availability of green open space, the density of buildings also fluctuated. During 2011-2021, the area of green open space increased by 6.02 km², while for the addition of built-up land area by 0.81 km². The relationship between *Humidex* with NDVI and NDBI proves that Green Open Space (RTH) and building density affect *Humidex*, but their role is not too significant.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan kota pada umumnya muncul akibat kebutuhan hidup masyarakat kota yang tinggi untuk meningkatkan taraf kualitas kesejahteraan hidup. Namun, perkembangan pada kota – kota besar cenderung tidak terkendali. Kurangnya pemantauan yang ketat pada jalannya pembangunan perkotaan menyebabkan berbagai dampak negatif yaitu pemborosan energi dan materi, degradasi lingkungan dan naiknya suhu permukaan kawasan perkotaan (Kurnianti & Rahmi, 2020). Fenomena ini pada akhirnya dapat mengakibatkan penurunan kualitas udara, dan berdampak pada tingkat kesehatan, kenyamanan lingkungan udara di wilayah perkotaan (Inavonna, 2015).

Fenomena UHI (*Urban Heat Island*) sering terjadi di kota – kota besar. Fenomena ini menyebabkan naiknya suhu permukaan di sekitar kawasan terbangun. Padatnya lahan terbangun mengakibatkan suhu perkotaan menjadi tinggi serta menurunkan kualitas lingkungan kota (Santi, Belinda, Rianty, & Aspin, 2019). Bertambahnya kepadatan bangunan merupakan salah satu penyebab terjadi fenomena UHI (*Urban Heat Island*). Hal ini dikarenakan suhu udara di daerah yang padat bangunan lebih tinggi daripada suhu udara terbuka di pinggiran kota (Al Mukmin, Wijaya, & Sukmono, 2016).

Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo merupakan tiga kecamatan yang berada di Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. Ketiga kecamatan ini berada pada daerah sisi timur Kota Surabaya, yang mana diketahui bahwa daerah tersebut merupakan kawasan permukiman padat penduduk. Hal ini dibuktikan dengan distribusi Kawasan perumahan dan permukiman pada Surabaya Timur merupakan yang terbesar di Kota Surabaya dengan presentase sebesar 12% dari wilayah Kota Surabaya (Dirjen Cipta Karya, 2017). Menurut Jatayu & Susetyo (2017) Surabaya Timur memiliki kecenderungan peningkatan suhu permukaan sebesar 1,041°C atau sekitar 3,99% dari suhu permukaan tahun 2001 pada periode tahun 2001-2006, 1,075°C atau sekitar 3,97% dari suhu permukaan tahun 2006 pada periode tahun 2006-2011, dan 4,496°C atau sekitar 14,22% dari suhu permukaan tahun 2011 pada periode tahun 2011-2016. Terjadinya akselerasi pembangunan yang cukup cepat di wilayah Surabaya Timur menyebabkan semakin banyak terjadi peningkatan luas lahan terbangun tanpa diimbangi dengan proporsi lahan terbuka yang cukup. Hal ini dapat menyebabkan meningkatnya suhu permukaan akibat lahan terbangun memiliki penutup tanah yang cenderung menyerap dan sulit melepaskan panas sehingga dapat meningkatkan intensitas dan luasan terjadinya fenomena *Urban Heat Island* (Jatayu & Susetyo, 2017).

Tingkat kenyamanan termal dapat diukur dengan menggunakan *Humidex (Humidity Index)*. *Humidex* menetapkan nilai indeks panas yang dirasakan oleh manusia dengan suhu dan kelembaban udara diukur secara actual pada udara yang relative kering (tekanan uap kurang dari 10 hPa) (Schoen, 2005 dalam Siregar, Lubis, & Muhajir, 2020). Unsur suhu yang digunakan dalam *Humidex* diantaranya yaitu suhu permukaan dan suhu udara. Sementara untuk unsur kelembaban mempertimbangkan kelembaban udara relatif. Penelitian *Humidex* di Indonesia pernah dilakukan oleh Nasution (2016) pada area Jabodetabek dengan menggunakan data iklim tiga jam-an selama periode 2002-2014 untuk mengkaji kenaikan suhu di perkotaan dikaitkan dengan ketidaknyamanan masyarakat di kota dan di daerah sekitar kota. Wati & Nasution (2018) menyimpulkan bahwa *Humidex* di wilayah DKI Jakarta selama tahun 1985-2012 semakin meningkat menunjukkan bahwa sensasi panas wilayah DKI Jakarta semakin tidak nyaman yang menyebabkan secara fisik telah terpapar panas dan tingkat kenyamanan termis semakin menurun (Wati & Nasution, 2018).

Menurut UU Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah perkotaan ditentukan sebanyak 30% dari luas wilayah kota dengan rincian sebesar 20 % ruang terbuka hijau publik, dan 10% ruang terbuka privat. Proporsi kebutuhan ruang terbuka hijau tersebut diatur untuk memenuhi fungsi utama sebagai fungsi ekologis dan fungsi tambahan sebagai fungsi sosial dan budaya, ekonomi, serta fungsi estetika (Direktorat Jendral Penataan Ruang, 2008 dalam Alifia & Purnomo, 2016). Namun pada kenyataan dilapangan, masih banyak kota – kota besar di Indonesia yang belum sempurna dalam penerapan ketentuan undang – undang tersebut. Hal ini diakibatkan pemerintah setempat kesulitan dalam melakukan penataan ruang sehingga terjadi pembangunan permukiman yang membeludak dan mengakibatkan banyak ruang terbuka hijau beralih fungsi lahan menjadi bangunan.

Penginderaan jauh memiliki peranan penting dalam kaitannya dengan ekstraksi penggunaan lahan perkotaan. Kombinasi indeks citra dari data penginderaan jauh dapat diekstraksi menjadi data digital penggunaan lahan pada perkotaan, seperti lahan terbangun dan lahan bervegetasi (Hidayati, Suharyadi, & Danoedoro, 2018). *Normalized Difference Build-up Index* (NDBI) merupakan algoritma yang menunjukkan kerapatan pada lahan terbangun/*bare soil* (Guo, et al., 2015). NDBI dihitung menggunakan band SWIR dan NIR yang ada pada citra satelit. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan perhitungan citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan (Awaliyan & Sulistioadi, 2018). NDVI dihitung menggunakan band RED dan NIR yang ada pada citra satelit.

Citra satelit *Sentinel-2* memiliki 13 *band* yang diantaranya memiliki resolusi 10 m, 6 *band* beresolusi 20 m, dan 3 *band* sisanya beresolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km (Rafsenja, Jaya, Sawaludin, & Rahim, 2020). Salah satu manfaat yang dapat dikaji pada citra satelit *Sentinel-2* yaitu sebagai bahan untuk mengidentifikasi lahan bervegetasi dan lahan terbangun dengan menggunakan klasifikasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Build-up Index* (NDBI) (Kuc & Chormański, 2019). Citra satelit *Landsat-7* memiliki teknologi *Enhanced Thematic Mapper* (ETM) dan *scanner* yang berguna untuk mengekstrak informasi mengenai proses *hydrothermal* dan foto udara (Paraditya & Purwanto, 2012). Citra satelit *Landsat-8* yang memiliki dua sensor utama yaitu sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang spesifikasinya mirip dengan *Landsat-7* (Purwanto, 2016). Citra satelit *Landsat-7* memiliki sensor *Thermal Infrared* dapat diekstraksi untuk menyediakan data suhu permukaan bumi. Ekstraksi data suhu permukaan bumi biasanya disebut dengan *Land Surface Temperature* (LST). Selain itu, citra satelit *Landsat*, dengan memanfaatkan *Near Infrared* dan *shortwave infrared*, juga dapat mengidentifikasi keberadaan lahan bervegetasi dan terbangun dari hasil olah data pada saluran *Red* yang dipantulkan oleh tumbuhan dan bangunan (non vegetasi) (Octarina, Putra, & Wirdiani, 2019).

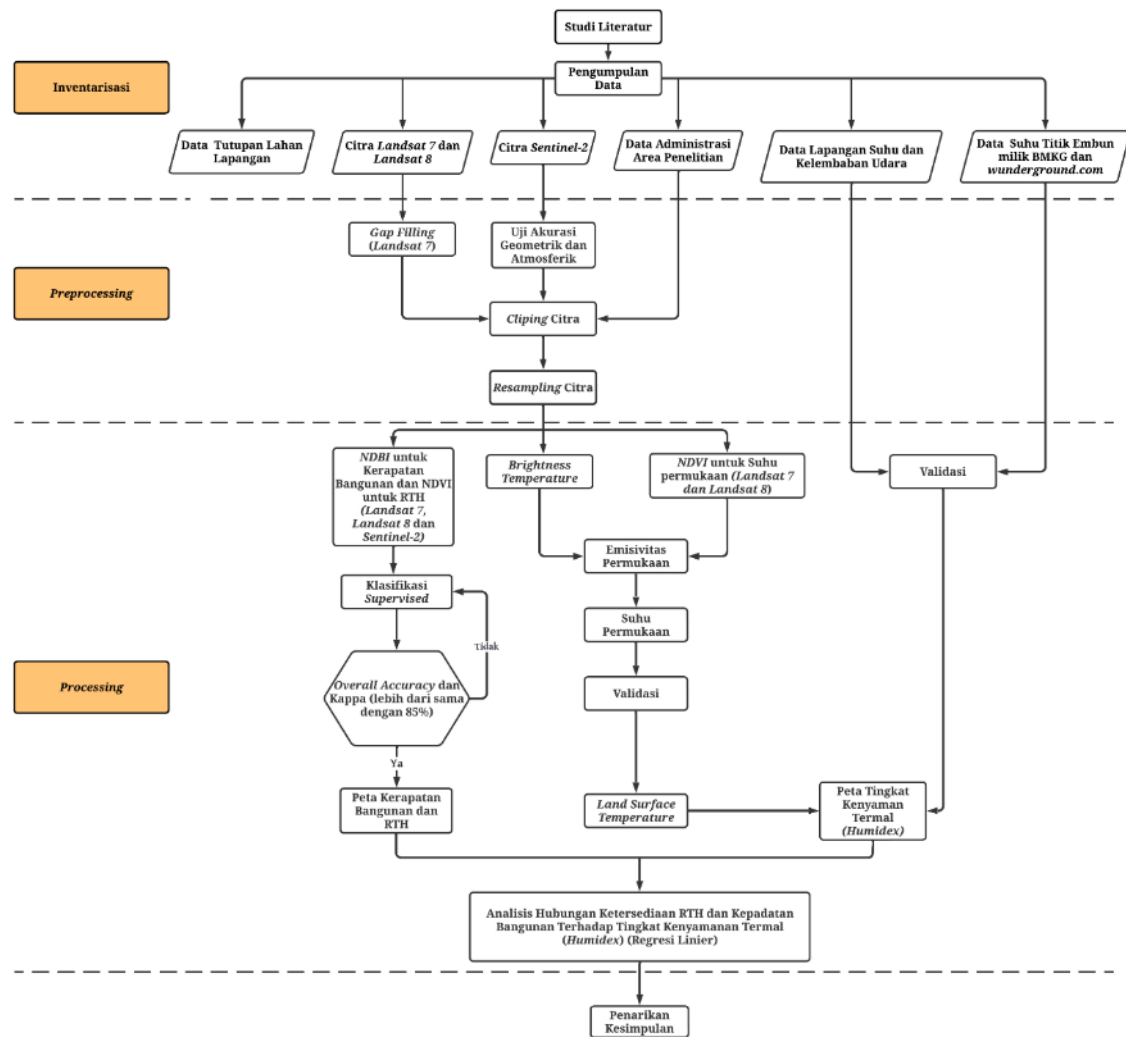
Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh ruang terbuka hijau dan kepadatan bangunan di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo terhadap tingkat kenyamanan termal daerah tersebut. Pengolahan data berfokus pada interpretasi digital, uji regresi, dan analisis hubungan. Data yang diolah merupakan data analisis menggunakan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh serta data lapangan. Analisis sistem informasi geografis digunakan untuk analisis tingkat keakurasian pemetaan, selain itu analisis penginderaan jauh digunakan untuk analisis wilayah kajian yang diteliti. Tujuan dilakukan penelitian yaitu: 1) mengetahui gambaran kepadatan bangunan di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari, dan Kecamatan Mulyorejo; 2) mengetahui gambaran Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari, dan Kecamatan Mulyorejo; 3) mengetahui nilai *Humidex* pada Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari, dan Kecamatan Mulyorejo; dan 4) mengetahui hubungan antara kepadatan bangunan dengan *Humidex* serta Ruang Terbuka Hijau (RTH) dengan *Humidex* di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo. Kegunaan penelitian dalam kaitannya pada bidang keilmuan yaitu mendapatkan informasi mengenai ketersediaan RTH dan kepadatan bangunan serta hubungannya dengan kondisi kenyamanan iklim pada daerah penelitian dalam upaya meningkatkan kemanfaatan ruang terbuka hijau terhadap kenyamanan masyarakat.

2. Metode

2.1. Gambaran Umum Penelitian

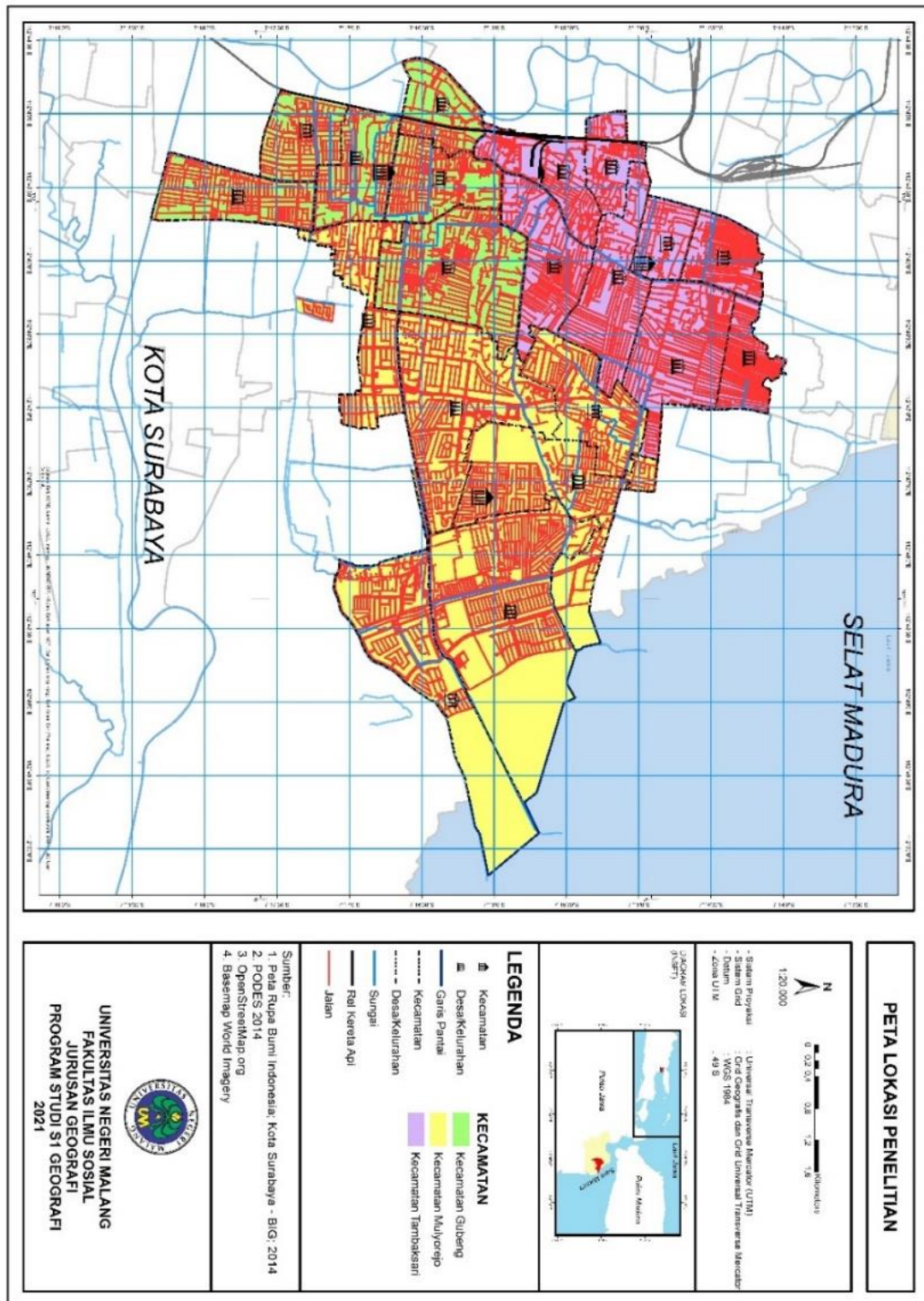
Teknik analisis data dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu pengumpulan data, *preprocessing* data dan *processing* data. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini yaitu data kualitas udara berupa suhu udara dan kelembaban udara yang diambil pada titik - titik yang telah tersebar pada area penelitian, data dari BMKG, dan laman *wunderground.com* untuk suhu per jamnya. Nilai suhu permukaan dan luas ruang terbuka hijau serta lahan terbangun diambil dari data citra satelit. Data yang telah dikumpulkan tersebut diolah berdasarkan tahapan - tahapan olah data yang telah ditentukan oleh peneliti. Identifikasi hubungan antara ketersediaan RTH dan kepadatan bangunan terhadap tingkat kenyamanan termal berbasis *Humidex* berbasis suhu permukaan menggunakan analisis statistik berupa regresi linier. Analisis hubungan antar variabel untuk regresi linier didasari pada data citra *Landsat-7*, *Landsat-8*, *Sentinel-2*, data batas administrasi, data BMKG (suhu udara dan

kelembaban udara), data milik *wunderground.com* untuk suhu per jamnya dan data lapangan (suhu *in-situ* dan kelembaban *in-situ*).



Gambar 1. Diagram Alir

Tempat penelitian akan dilaksanakan pada sebagian wilayah Surabaya Timur, yaitu Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo dengan luas wilayah yaitu 31,19 km² (BPS, 2021). Waktu penelitian dan pengambilan data lapangan dilaksanakan pada sekitar bulan Juli – September 2021.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Prosedur Penelitian

Metode pengumpulan data yang diperlukan pada penelitian ini yaitu pengumpulan data, studi literatur, survey lapangan, dan dokumentasi. Pengunduhan citra satelit Sentinel-2, Landsat-7 dan Landsat-8 diperoleh dari pengunduhan pada laman resmi milik USGS (United States Geological Survey) yang beralamatkan <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan tahun perekaman September 2011 dan Agustus 2012 untuk Landsat-7 ETM+ serta September 2013 - 2021 untuk Landsat-8 OLI/TIRS. Pengunduhan citra satelit Sentinel-2 diunduh dengan tahun perekaman September 2015

- 2021. Pengumpulan data juga dilakukan pada peta RBI skala 1:25.000, data milik wunderground.com untuk suhu per jam, Data suhu dan kelembaban udara BMKG. Pemilihan citra satelit didasari dengan ketentuan tutupan awan dibawah 10% (Masitoh & Rusydi, 2020). Studi literatur pada jurnal – jurnal atau penelitian terdahulu untuk dijadikan dasar penelitian. Survey lapangan digunakan untuk memperoleh data primer yang akan digunakan pada penelitian (data suhu dan kelembaban) serta menentukan training area serta mengamati kondisi lapangan secara langsung. Dokumentasi pada lapangan untuk mengabadikan foto kegiatan dan kondisi lapangan selama penelitian berlangsung.

Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan survei lapangan. Data primer seperti data suhu dan kelembaban didapat dari pengukuran secara langsung di lapangan. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer udara, kemudian untuk pengukuran kelembaban udara dilakukan dengan hygrometer. Selain itu survei lapangan juga dilakukan untuk menentukan training area. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari pada pukul 08.00-10.00, 12.00-14.00 dan 15.00-17.00. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dalam sehari, hal ini dikarenakan suhu udara dan kelembaban udara sangat dinamis. Pengambilan waktu pengukuran didasarkan pada asumsi bahwa pada rentang waktu tersebut suhu udara dan kelembaban relatif konstan (Ningrum, Rosyidi, Sukmawati, Ariani, & Damayanti, 2020). Selain itu, waktu pengambilan data lapangan disesuaikan dengan waktu akuisisi data pada citra untuk menghindari adanya kesalahan pada validasi (Fariz, Sanjoto, & Setyowati, 2020). Pengambilan data diambil pada titik pengambilan sampel yang telah ditentukan. Penentuan titik sampel menggunakan metode grid. Titik pengambilan sampel dibagi berdasarkan klasifikasi suhu udara pada pengolahan citra satelit menggunakan Land Surface Temperature (LST). Pengambilan data validasi pada RTH dan lahan terbangun juga dilakukan dengan metode stratified random sampling menggunakan klasifikasi jenis kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.

Teknik pengumpulan data sekunder dilakukan dengan pencarian data – data yang telah tersedia. Data sekunder merupakan data yang didapat secara tidak langsung, seperti studi literatur, situs internet penyedia informasi terpercaya, peta, citra satelit, instansi terkait, dsb. Data – data sekunder yang diperlukan yaitu citra satelit resolusi menengah (Sentinel-2, Landsat-7 dan Landsat-8), data batas wilayah penelitian (Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo), data digital peta RBI, data klasifikasi indeks vegetasi dan Land Surface Temperature, data klasifikasi NDBI, data luas penggunaan lahan (Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo), data milik wunderground.com untuk suhu per jam, data suhu BMKG dan data kelembaban udara BMKG.

2.3. Instrumen Penelitian

Alat dan bahan yang diperlukan peneliti dalam melakukan penelitian, seperti pengambilan data, digitalisasi data, dan analisis data adalah sebagai berikut yaitu Laptop/PC, Software ArcGIS 10.3, Software QGIS 3.20.0 Odense, Software Sen2Cor (plugin SNAP Desktop 8.0), Alat tulis, GPS dan Avenza Map, Termometer udara, Higrometer, Google Earth, Microsoft Word, Microsoft excel, Citra resolusi menengah (Sentinel-2, Landsat-7 dan Landsat-8), Peta RBI skala 1:25.000, data milik wunderground.com untuk suhu per jam, data suhu dan kelembaban udara BMKG, dan data suhu dan kelembaban udara in-situ.

2.4. Teknik Analisis Data

2.4.1. Teknik Analisis Data pada Citra Satelit dan Data Lapangan

Tahapan awal data akan diinventarisasikan, beberapa hal yang dilakukan pada tahapan ini yaitu pengunduhan citra *Sentinel-2*, *Landsat-7* ETM+ dan *Landsat-8* OLI/TIRS dilakukan pada laman milik USGS (*United States Geological Survey*). Pengambilan data dilakukan menggunakan alat GPS dengan bantuan aplikasi GPS pada *smartphone* yaitu *Avenza Map*. Titik pengambilan data tersebar di seluruh wilayah Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo.

Tahapan *preprocessing* citra dilakukan untuk mengolah citra sebelum kegiatan *processing* citra. Berikut adalah tahapan yang dilakukan pada *preprocessing* citra yaitu koreksi citra yang dilakukan pada citra satelit *Sentinel-2* L1C berupa koreksi atmosferik. Koreksi atmosferik digunakan untuk mengkoreksi nilai reflektan *Top of Atmosphere* (ToA) sehingga menghasilkan rekaman *Bottom of*

Atmosphere (BoA). Aplikasi yang digunakan untuk koreksi atmosferik yaitu dengan aplikasi *sen2cor* yang merupakan salah satu plugin milik aplikasi SNAP 8.0. Setelah dilakukan koreksi ini, citra satelit *Sentinel-2 Level 1C* akan berubah menjadi *Sentinel-2 Level 2A*. Citra satelit *Landsat-7* dan *Landsat-8* yang digunakan merupakan level 2 sehingga tidak perlu dilakukan penajaman citra. Khusus untuk *Landsat-7* yang terdapat cacat garis (*striping*) pada hasil perekaman citra satelit tetap dilakukan proses *gap filling*. Proses *gap filling* dilakukan menggunakan *software* QGIS 3.20.0 *Odense*. Tahap terakhir pada *preprocessing* citra yaitu *clipping* citra atau pemotongan citra sesuai dengan lingkup daerah penelitian dan *resampling* citra untuk menyamakan seluruh resolusi citra satelit yang digunakan. Aplikasi yang digunakan yaitu *software* QGIS 3.20.0 *Odense*.

Tahap *preprocessing* citra dilakukan dalam beberapa tahapan. Proses perhitungan NDBI pada citra *Landsat-7*, *Landsat-8*, dan *Sentinel-2* dilakukan pada *software* QGIS 3.20.0 *Odense*. Data hasil dari tahapan *preprocessing* diolah untuk mencari hasil NDBI dan NDVI dengan menggunakan salah satu *tool* QGIS yaitu *raster calculator*, dengan memasukkan persamaan 1 dan persamaan 2:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \tag{1}$$

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \tag{2}$$

Keterangan:

NIR : Near Infrared. Band 8 (*Sentinel-2*), Band 4 (*Landsat-7*), Band 5 (*Landsat-8*)

SWIR : Shortwave Infrared. Band 11 (*Sentinel-2*), Band 5 dan 7 (*Landsat-7*), Band 6 dan 7 (*Landsat-8*)

RED : Band 3 (*Landsat-7*), Band 4 (*Sentinel-2* dan *Landsat-8*)

Perhitungan nilai spectral NDBI dan NDVI menggunakan *software* QGIS 3.20.0 *Odense* dengan *training area* sebagai dasar untuk *reclassify* (klasifikasi). Klasifikasi multispektral yang digunakan yaitu *supervised classification*. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan klasifikasi tipe *Minimum Distance*. Proses klasifikasi citra pada tahap ini yaitu melakukan pengkelasan warna berdasarkan rentangan nilai spektral citra yang telah diolah dengan NDBI dan NDVI pada tahap sebelumnya. Tabel 1 merupakan parameter klasifikasi untuk tingkat kerapatan NDVI dan tingkat kerapatan NDBI.

Tabel 1. Klasifikasi (a) Tingkat Kerapatan NDVI dan (b) Tingkat Kerapatan NDBI

Kelas	NDVI	Keterangan	Kelas	NDBI	Keterangan
1	-1 s/d -0,03	Lahan Tidak Bervegetasi	1	<0	Tidak ada Bangunan
2	-0,03 s/d 0,15	Kehijauan Sangat Rendah	2	0 s/d 0,1	Jarang
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan Rendah	3	0,1 s/d 0,2	Cukup Rapat
4	0,26 s/d 0,35	Kehijauan Sedang	4	0,2 s/d 0,3	Rapat
5	0,36 s/d 1,00	Kehijauan Tinggi	5	>0,3	Sangat Rapat

(a)

(b)

Sumber: Menteri Kehutanan RI, 2012 dalam Taufik, Sukmono, & Firdaus, 2021. Asy-syakur, Adnayani, Arthana, & Nuarsa, 2012 dalam Giofandi & Sekartaji, 2020.

Uji akurasi data pada hasil olah data NDBI dan NDVI menggunakan metode kontingensi atau *confusion matrix*. Uji akurasi data dapat dinilai dengan menggunakan *overall accuracy*, *producer's accuracy*, *user's accuracy*, dan *kappa accuracy* (Fadilla, Sudarsono, & Bashit, 2018). Uji akurasi menggunakan titik koordinat yang berbeda dengan *training area*. Perhitungan uji akurasi menggunakan aplikasi QGIS 3.20.0 *Odense*.

Proses perhitungan LST dengan citra *Landsat-7* dan *Landsat-8* menggunakan *band 10* dan *band 11* serta dilakukan pada *software* ArcGIS 10.3. Data hasil dari tahapan *preprocessing* diolah dengan menggunakan salah satu *tool* ArcGIS yaitu *Spatial Analyst Tools*, dengan memasukkan persamaan 3 dan dikonversi menjadi Celcius pada persamaan 4:

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{CV_{R2}}\right)+1} \tag{3}$$

$$C = T - 273 \tag{4}$$

Keterangan:

- T : Brightness Temperature satelit (K)
- K1 : Konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 : Konstanta kalibrasi suhu absolut (K)
- CVR2 : Radiance Spektral
- C : Celsius (°C)

Nilai *brightness temperature* yang didapat dari perhitungan tahap sebelumnya merupakan temperatur pada citra satelit (Nugroho, Wijaya, & Sukmono, 2016), sehingga untuk mengkonversi menjadi temperatur permukaan tanah dihitung dengan menggunakan persamaan 5:

$$TS = \frac{TB}{\{1+(\lambda \times \frac{TB}{c2}) \times \ln(e)\}} \tag{5}$$

Keterangan:

I : wavelength of emitted radiance

$$c2 = h \times \frac{c}{s} = 1,4388 \times 10^{-2} m K = 14388 \mu m K \tag{6}$$

$$e = 0,004 \times Pv + 0,986 \tag{7}$$

$$Pv = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \tag{8}$$

Tabel 2. Klasifikasi Suhu Udara (°C)

No.	Keadaan Iklim	Indeks Suhu (°C)
1	Sangat dingin	<21,1
2	Dingin	21,1-23,1
3	Agak dingin	23,1-25,1
4	Sejuk	25,1-27,1
5	Agak panas	27,1-29,1
6	Panas	29,1-31,1
7	Sangat panas	≥31,1

Sumber: Annisa, Kurnain, Indrayatie, & Peran (2015)

Tabel 2 adalah parameter klasifikasi suhu udara menurut Setyowati (2008) dalam Annisa, Kurnain, Indrayatie, & Peran (2015). Perhitungan UHI dilakukan dengan memasukkan hasil perhitungan LST (Pratiwi & Jaelani, 2020). UHI dapat diaplikasikan dengan mengurangi nilai LST dari *mean* LST tersebut, kemudian setengah standar deviasinya ditambahkan (Fawzi & Jatmiko, 2018). UHI dihitung dengan menggunakan persamaan 9 dan 10.

$$T > \mu + 0,5\alpha \tag{9}$$

$$0 < T \leq \mu + 0,5\alpha \tag{10}$$

Keterangan:

T: Suhu Permukaan

μ: Nilai rata - rata suhu permukaan

α: Standar deviasi suhu permukaan

Tabel 3. Klasifikasi Kelembaban Udara

No	Kelembaban udara (%)	Kategori
1	<70	Kering
2	70-<75	Agak Kering
3	75-<80	Agak Lembab
4	80-<85	Lembab
5	≥85	Basah

Sumber: Annisa, Kurnain, Indrayatie, & Peran (2015)

Kelembaban udara relatif merupakan perbandingan dari banyak atau sedikitnya uap air dalam udara dengan jumlah uap air maksimum yang dikandung dalam udara pada suhu yang sama. Tabel 3

menunjukkan parameter klasifikasi kelembaban udara menurut Setyowati (2008). Data lapangan yang digunakan untuk penelitian yaitu data suhu udara dan kelembaban udara dengan menggunakan *ground sampling*. Data *ground sampling* didapat dari pengambilan data lapangan. Analisis tingkat kenyamanan termal pada wilayah penelitian dianalisis menggunakan *Humidex* dengan persamaan 11 dan 12.

$$Humidex = T + \frac{5}{9}(e - 10) \tag{11}$$

$$e = 6.112 \times 10^{\left(\frac{7.5T}{237.7+T}\right)} \times \frac{H}{100} \tag{12}$$

Keterangan:

T: Suhu udara (°C)

H: Kelembaban relative

Humidex: Indeks panas (°C)

Parameter *Humidex*, digunakan menjadi ukuran dari ketidaknyamanan termal yang didefinisikan sebagai suhu udara relatif kering yang dapat mempengaruhi kenyamanan manusia (Charampopoulos dkk., 2013 dalam Anugerah, Azwar, & Adriat, 2020). Tabel 4 menunjukkan klasifikasi *Humidex* yang sesuai dengan kondisi bioklimatik dan kenyamanan/ketidaknyamanan bioklimatik.

Tabel 4. Interpretasi Indeks Panas *Humidex*

Humidex	Keadaan Bioklimatik	Kenyamanan/Ketidaknyamanan Bioklimatik
<27	Nyaman	
27-30	Sedikit Tidak Nyaman	Kenyamanan Bioklimatik
30-40	Tidak Nyaman	
40-45	Sangat Tidak Nyaman	
45-54	Berbahaya	Ketidaknyamanan bioklimatik karena terlalu panas
>54	Heat Stroke	

Sumber: Masitoh & Rusydi (2020)

2.4.2. Teknik Analisis Data pada Data Uji Validasi dan Uji Statistik

Validasi data suhu udara, kelembaban udara dan suhu permukaan yang didapat dari hasil pengolahan citra satelit dilakukan dengan menggunakan rata - rata data suhu udara dari BMKG dan data milik *wunderground.com* untuk suhu per jamnya. Data yang digunakan yaitu data dari Stasiun Meteorologi Juanda, Stasiun Meteorologi Perak I, dan Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Perak. Tahun data BMKG dan suhu per jam yang digunakan sesuai dengan tahun perekaman citra satelit yang diunduh. Validasi untuk inventarisasi RTH dan lahan terbangun yaitu menggunakan data pada setiap titik pengukuran lapangan yang didasari dengan klasifikasi jenis kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.

Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau diindikasikan dengan kerapatan vegetasi dan lahan terbangun diindikasikan dengan kerapatan bangunan. Masing - masing tingkat kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan memiliki nilai sendiri. Tingkat kenyamanan termal didapat dari hasil perhitungan *Humidex*. Data - data tersebut nantinya dapat ditarik kesimpulan dan nilai dari masing - masing indeks, kemudian dikorelasikan dengan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh setiap variabel dan menentukan model persamaan regresinya (Ningrum, Rosyidy, Sukmawati, Ariani, & Damayanti, 2020). Variabel bebas (X) yang digunakan adalah tingkat kerapatan NDVI dan tingkat kerapatan NDBI. Variabel terikat (Y) merupakan tingkat kenyamanan termal (*Humidex*). Uji regresi linier sederhana dilakukan dua kali, yaitu hubungan antara NDVI (X1) dengan *Humidex* dan hubungzan antara NDBI (X2) dengan *Humidex*. Persamaan dari regresi linier sederhana ditulis pada persamaan 13.

$$Y = a + bX \tag{13}$$

Keterangan:

Y : variabel terikat

X : variabel bebas / *predictor*

a : konstanta (intersep), perpotongan sumbu dengan vertikal

b : konstanta regresi (*slope*)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Lahan Terbangun Area Penelitian

Hasil klasifikasi NDVI maupun NDBI perlu dilakukan perhitungan guna mengetahui nilai tingkat akurasi. Hal ini perlu dilakukan untuk melihat tingkat akurasi yang dihasilkan dalam proses klasifikasi (Wiggers, Nuarsa, & Putra, 2020). Tabel 5 menampilkan hasil nilai *overall accuracy* dan *kappa accuracy* pada hasil klasifikasi setiap tahunnya.

Tabel 5. Hasil Overall Accuracy dan Kappa Accuracy

Tahun	NDVI		NDBI	
	<i>overall accuracy (%)</i>	<i>Kappa hat classification</i>	<i>overall accuracy (%)</i>	<i>Kappa hat classification</i>
2011	73,28	0,66	73,53	0,65
2012	74,83	0,67	72,85	0,66
2013	83,46	0,79	80,84	0,75
2014	84,65	0,77	79,31	0,74
2015	86,64	0,82	92,35	0,85
2016	85,36	0,81	91,67	0,82
2017	87,81	0,83	90,08	0,80
2018	88,31	0,84	91,01	0,82
2019	87,00	0,83	90,07	0,82
2020	89,75	0,87	91,83	0,86
2021	85,91	0,81	91,25	0,88

Nilai *overall accuracy* dan *kappa accuracy* untuk klasifikasi NDVI dan NDBI cukup beragam. Hasil ini digunakan untuk mengetahui apakah citra satelit tersebut cocok digunakan sebagai bahan penelitian atau tidak. Apabila menggunakan acuan *overall accuracy* maka citra satelit yang dianggap layak untuk digunakan adalah citra *Sentinel-2* pada waktu akuisisi tahun 2015 - 2021 karena *overall accuracy* yang diterima yaitu 80% - 85% (Sutanto, 2013). Sedangkan apabila menggunakan parameter acuan *kappa accuracy* maka citra seluruh citra satelit dapat digunakan, karena terdapat citra satelit yang masuk kategori *substantial agreement* (0,61 - 0,80) dan *almost perfect agreement* (0,81 - 0,99) (Viera & Garret, 2015 dalam Muhammad, Rombang, & Saroinsong, 2016). Penulis menggunakan parameter *kappa accuracy* karena *overall accuracy* dianggap terlalu *over estimate* sehingga jarang digunakan sebagai indikator yang baik untuk mengukur kesuksesan suatu klasifikasi (Muhammad, Rombang, & Saroinsong, 2016).

Ketersediaan RTH pada Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo mengalami perubahan luas dalam jangka waktu 2011 - 2021. Hasil olah data penelitian menunjukkan lahan dengan kerapatan vegetasi terbesar berada disisi timur area penelitian. Sisi timur area penelitian didominasi semak belukar dan hutan bakau. Adapun lahan bervegetasi disisi utara, barat dan selatan merupakan taman kota dan jalan protokol yang ditumbuhi beberapa vegetasi. Lahan terbangun, sama halnya dengan ketersediaan RTH, juga mengalami ketidak konsistenan dalam jangka waktu 2011 - 2021. Mayoritas lahan terbangun terdapat disisi utara, barat, selatan dan Sebagian sisi timur. Tabel 6 dan 7 menampilkan luas untuk lahan ketersediaan RTH dan lahan terbangun beserta selisihnya dalam jangka waktu 2011 - 2021.

Tabel 6. Luas Ketersediaan RTH 2011 - 2021

Tahun	Lahan RTH		Lahan Non RTH	
	Luas (km ²)	Persentase (%)	Luas (km ²)	Persentase (%)
2011	4,86	14,79	28,00	85,21
2012	3,57	10,86	29,29	89,14
2013	7,85	23,90	25,00	76,10
2014	7,25	22,08	25,60	77,92
2015	7,91	24,05	24,98	75,95
2016	8,48	25,78	24,41	74,22
2017	9,41	28,61	23,48	71,39
2018	9,74	29,62	23,15	70,38
2019	10,10	30,72	22,79	69,28
2020	9,48	28,84	23,41	71,16
2021	10,88	30,88	22,01	66,93

Luas ketersediaan RTH terbesar berada pada tahun 2021, dengan luas sebesar 10,88 km². Luas ketersediaan RTH terkecil sebesar 3,57 km², tepat pada tahun 2012. Walaupun luas lahan RTH sangat berfluktuasi, terjadi penambahan luas yang signifikan jika dilakukan perbandingan antara tahun 2011 dengan 2021 dengan besar penambahan sebesar 6,02 km². Menurut aturan UU Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, proporsi luas RTH dianjurkan setidaknya paling sedikit 30% dari luas wilayah. Menganut aturan ini, maka pada tahun 2019 dan 2021 saja wilayah penelitian ini sudah mempunyai luasan yang ideal untuk RTH, dimana pada rentang tahun ini luas RTH sudah melebihi 30% dari luas wilayah.

Tabel 7. Luas Lahan Terbangun 2011 - 2021

Tahun	Lahan Terbangun		Lahan Non Terbangun	
	Luas (km ²)	Persentase (%)	Luas (km ²)	Persentase (%)
2011	20,75	63,15	12,11	36,85
2012	22,30	67,87	10,56	32,13
2013	20,12	61,22	12,74	38,78
2014	20,61	62,71	12,25	37,28
2015	23,99	72,93	8,97	27,29
2016	21,28	64,69	11,68	35,52
2017	22,71	69,04	10,26	31,18
2018	23,12	70,31	9,84	29,91
2019	21,91	66,62	11,05	33,60
2020	21,49	65,34	11,87	36,10
2021	21,56	65,56	11,41	34,68

Luas lahan terbangun paling luas berada pada tahun 2015, dengan luas sebesar 23,99 km². Sedangkan untuk luas terkecil terjadi pada tahun 2013 sebesar 20,12 km². Hasil analisa tren perubahan luas lahan terbangun menunjukkan terjadinya perubahan untuk kawasan terbangun di area penelitian. Selisih penambahan luas lahan terbangun dari tahun 2011 - 2021 bertambah sebesar 0,81 km².

Tabel 8. Selisih Ketersediaan RTH dan Lahan Terbangun 2011 - 2021

Tahun	Selisih Perubahan Lahan RTH		Selisih Perubahan Lahan Terbangun	
	Lahan Non RTH	Lahan RTH	Lahan Non Terbangun	Lahan Terbangun
2011 - 2012	1,29	-1,29	-1,55	1,55
2012 - 2013	-4,29	4,29	2,19	-2,19
2013 - 2014	0,60	-0,60	-0,49	0,49
2014 - 2015	-0,63	0,66	-3,38	3,38
2015 - 2016	-0,57	0,57	2,71	-2,71
2016 - 2017	-0,93	0,93	-1,43	1,43
2017 - 2018	-0,33	0,33	-0,42	0,42
2018 - 2019	-0,36	0,36	1,21	-1,21
2019 - 2020	0,62	-0,62	0,82	-0,82
2020 - 2021	-1,39	1,39	-0,47	0,47

Selisih terbesar pada perubahan lahan RTH terjadi antara tahun 2012 - 2013, luas perubahan lahan RTH bertambah sebanyak 4,29 km², diikuti berkurangnya lahan non RTH yaitu sebesar 4,29 km². Perubahan luas paling kecil terjadi antara tahun 2017 - 2018, dengan luas lahan RTH bertambah sebesar 0,33 km² dan luas lahan non RTH berkurang sebesar 0,33 km². Selisih terbesar pada perubahan lahan terbangun terjadi antara tahun 2014 - 2015, luas perubahan lahan terbangun bertambah sebanyak 3,38 km², diikuti berkurangnya lahan non RTH yaitu sebesar 3,38 km². Perubahan luas paling kecil terjadi antara tahun 2017 - 2018. Luas perubahan lahan terbangun pada rentang tahun ini yaitu bertambah sebesar 0,42 km² dan lahan non terbangun berkurang sebesar 0,42 km².

3.2. Hasil Perhitungan *Humidex* pada Area Penelitian

Perhitungan *Humidex* dilakukan selama 7 hari, tepatnya pada tanggal 14 - 21 September 2021. Hasil tersebut digunakan untuk nilai rata - rata harian *Humidex*. Peran suhu dan kelembaban udara sangat berpengaruh pada hasil dari *Humidex*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pengukuran suhu dan kelembaban udara sangat bervariasi dan berakibat pada tingkat kenyamanan di setiap lokasi. Tabel 9 menampilkan rata - rata intensitas *Humidex* pada pagi, siang, dan sore di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo.

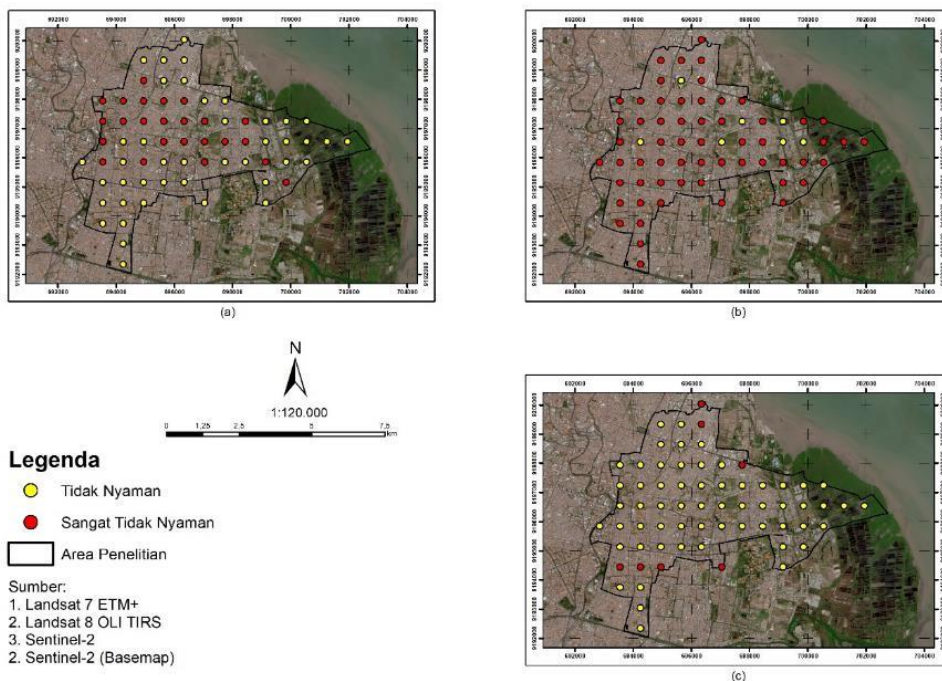
Tabel 9. Rata – Rata Suhu Udara, Kelembaban Udara, dan Hasil *Humidex*

Kecamatan	Suhu Udara (°C)			Kelembaban Udara (%)			Humidex		
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
Gubeng	29,66	32,88	30,11	65,34	56,70	61,61	39,18	43,02	39,14
Mulyorejo	29,20	31,74	29,04	67,35	60,32	64,25	38,77	41,83	37,77
Tambaksari	30,57	32,18	30,09	64,05	58,33	62,43	40,58	42,13	39,29

Waktu pengukuran pagi hari berada pada pukul 08.00 – 10.00. Nilai terbesar *Humidex* pada pagi hari yaitu berada pada Kecamatan Tambaksari dengan nilai rata – rata sebesar 40,58. Kecamatan ini masuk dalam kategori *Humidex* sangat tidak nyaman untuk waktu pengukuran pagi hari, dengan perolehan rata – rata suhu udara sebesar 30,57°C dan kelembaban udara sebesar 64,05%. Nilai terkecil *Humidex* pada pagi hari yaitu berada pada Kecamatan Mulyorejo dengan nilai rata – rata sebesar 38,77 dan masuk dalam kategori *Humidex* tidak nyaman. Perolehan rata – rata suhu udara kecamatan ini pada pagi hari sebesar 29,2°C dan kelembaban udara sebesar 67,35%.

Waktu pengukuran siang hari berada pada pukul 12.00 – 14.00. Kecamatan Gubeng mendapat nilai *Humidex* tertinggi pada siang hari dengan nilai rata – rata sebesar 43,18. Kecamatan ini masuk dalam kategori *Humidex* sangat tidak nyaman untuk waktu pengukuran siang hari, dengan perolehan rata – rata suhu udara sebesar 32,88°C dan kelembaban udara sebesar 56,07%. Nilai terkecil *Humidex* pada siang hari dimiliki Kecamatan Mulyorejo dengan nilai rata – rata sebesar 41,83 dan masuk dalam kategori *Humidex* sangat tidak nyaman. Perolehan rata – rata suhu udara kecamatan ini pada siang hari sebesar 31,72°C dan kelembaban udara sebesar 60,32%. Nilai *Humidex* siang hari ini digunakan sebagai perhitungan uji regresi linier, ini dikarenakan nilai *Humidex* pada siang hari merupakan nilai maksimum dari keseluruhan waktu pengukuran. Nilai maksimum ini terjadi karena pada siang hari, sebagian radiasi matahari diserap oleh Gas Rumah Kaca (GRK), sehingga serapan energi matahari akan mengalami intensitas maksimum yang membuat suhu udara memanas (Siregar, Lubis, & Muhajir, 2020).

Waktu pengukuran sore hari berada pada pukul 15.00 – 17.00. Nilai terbesar *Humidex* pada sore hari yaitu berada pada Kecamatan Tambaksari dengan nilai rata – rata sebesar 39,29. Kecamatan ini masuk dalam kategori *Humidex* tidak nyaman untuk waktu pengukuran sore hari, dengan perolehan rata – rata suhu udara sebesar 29,04°C dan kelembaban udara sebesar 64,25%. Nilai terkecil *Humidex* pada sore hari yaitu berada pada Kecamatan Mulyorejo dengan nilai rata – rata sebesar 37,77 dan masuk dalam kategori *Humidex* tidak nyaman. Perolehan rata – rata suhu udara kecamatan ini pada sore hari sebesar 29,04°C dan kelembaban udara sebesar 64,25%.



Gambar 3. (a) Peta *Humidex* Pagi Hari; (b) Peta *Humidex* Siang Hari; (c) Peta *Humidex* Sore Hari

Gambar 3 menampilkan sebaran rata – rata intensitas *Humidex* di Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo pada rentang tanggal 14 September 2021 – 21 September 2021. Sebaran *Humidex* pagi hari menggambarkan area penelitian mayoritas masuk dalam kategori sangat tidak nyaman, sedangkan sisanya masuk dalam kategori tidak nyaman. Siang hari, hampir semua titik pengukuran masuk dalam kategori sangat tidak nyaman, sementara 7 titik lainnya masuk dalam kategori tidak nyaman. Hal ini dikarenakan pada siang hari suhu udara area penelitian tinggi dan kelembaban udara juga cukup rendah. Sedangkan untuk sore hari, kondisi area penelitian berbanding terbalik dengan siang hari. Suhu udara sore hari mengalami penurunan dan kelembaban udara mengalami kenaikan, sehingga nilai *Humidex* pun turun dan hampir keseluruhan masuk dalam kategori tidak nyaman.

3.3. Hubungan Ketersediaan RTH dengan Nilai Tingkat Kenyamanan Termal (*Humidex*)

Penentuan hubungan ketersediaan RTH dengan *Humidex* dilakukan dengan menggunakan uji statistik. Variabel yang diperlukan yaitu hasil perhitungan NDVI sebagai variabel bebas (independen), sedangkan variabel *Humidex* sebagai variabel terikat (dependen). Hasil korelasi *Humidex* tercantum pada Tabel 10.

Tabel 10. Korelasi *Humidex* dengan NDVI

		<i>Humidex</i>
Pearson Correlation	<i>Humidex</i>	1
	NDVI	-0.310
Sig. (1-tailed)	<i>Humidex</i>	
	NDVI	0.006
N	<i>Humidex</i>	66
	NDVI	66

Koefisien korelasi antara indeks kenyamanan *Humidex* dengan variabel NDVI dilakukan pada pengukuran siang hari. Hal ini dikarenakan pada siang hari terjadi kenaikan suhu akibat dari cahaya matahari yang sangat terik (Hamidy, Sudarti, & Yushardi, 2021). Hasil uji statistik untuk korelasi menggunakan korelasi *Pearson* dan hasilnya seluruh variabel bebas memiliki pengaruh dengan variabel terikat karena seluruh nilai signifikan berada dibawah 0,05. Korelasi bernilai negatif muncul pada hubungan antara *Humidex* dengan NDVI. Nilai korelasi *Humidex* dengan NDVI pada siang hari yaitu sebesar -0,310 dengan tingkat signifikan sebesar 0,006 (dibawah 0,05). Hal ini dapat dinyatakan bahwa nilai variabel NDVI memiliki korelasi cenderung rendah atau lemah terhadap tingkat kenyamanan termal menggunakan *Humidex* pada siang hari. Selain itu, nilai variabel NDVI memiliki korelasi negatif siang hari apabila dikorelasikan pada *Humidex*, sehingga dapat disimpulkan bahwa apabila NDVI turun, maka *Humidex* akan naik, begitu pula sebaliknya.

Tabel 11. Regresi Linier Masing – Masing Variabel (NDVI dan *Humidex*)

Waktu Pengukuran	Model Summary		ANOVA	Coefficients		
	Adjusted R square	Sig. F Change	Sig.	B (Constant)	NDVI	Sig. (Constant)
Siang Hari	0.82	0,011	0,011	43.196	-0.347	0,011

Nilai *adjusted R square* pada tabel 11 keseluruhan waktu pengukuran yaitu sebesar 0,82. Angka tersebut menjelaskan seluruh variabel X secara simultan memiliki pengaruh sebesar 82% terhadap variabel Y, sedangkan sisa 18% merupakan pengaruh dari variabel lainnya. Berdasarkan tabel 9, maka hasil regresi dirumuskan pada persamaan 14:

Keterangan: Y: *Humidex*; X: NDVI (data diskrit)

$$Y = 43,196 - 0,347X \tag{14}$$

Estimasi regresi linier menurut persamaan 14, nilai konstanta sebesar 43,196 (siang hari). Hal ini dapat diartikan bahwa variabel NDVI memiliki nilai 0, maka variabel *Humidex* (Y) bernilai 43,196. Sedangkan apabila nilai variabel X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami penurunan sebesar -0.347. Hal ini dikarenakan nilai *coefficients* dari NDVI memiliki nilai negatif.

3.4. Hubungan Kepadatan Bangunan dengan Nilai Tingkat Kenyamanan Termal (*Humidex*)

Penentuan hubungan kepadatan bangunan dengan *Humidex* dilakukan dengan menggunakan uji statistik. Variabel yang diperlukan yaitu hasil NDBI sebagai variabel bebas (independen), sedangkan variabel *Humidex* sebagai variabel terikat (dependen). Hasil korelasi *Humidex* tercantum pada tabel 12.

Tabel 12. Korelasi *Humidex* dengan NDBI

		<i>Humidex</i>
Pearson Correlation	<i>Humidex</i>	1
	NDBI	0.207
Sig. (1-tailed)	<i>Humidex</i>	
	NDBI	0.048
N	<i>Humidex</i>	66
	NDBI	66

Koefisien korelasi antara indeks kenyamanan *Humidex* dengan variabel NDBI dilakukan pada pengukuran siang hari. Hasil uji statistik untuk korelasi menggunakan korelasi *Pearson* dan hasilnya variabel NDBI memiliki nilai signifikan berada dibawah 0,05. Hal ini menjelaskan bahwa variabel NDBI memiliki pengaruh dengan *Humidex*. NDBI memiliki korelasi bernilai positif yaitu sebesar 0,207. Nilai tersebut menyebabkan jika nilai *Humidex* naik, maka nilai NDBI juga ikut naik, serta NDBI berkorelasi rendah dengan *Humidex*.

Tabel 13. Regresi Linier Masing – Masing Variabel (*Humidex*)

Waktu Pengukuran	Model Summary		ANOVA	Coefficients		
	Adjusted R square	Sig. F Change	Sig.	B (Constant)	NDBI	Sig. (Constant)
Siang Hari	0.28	0,096	0,096	41.591	0.285	0,096

Sumber: Hasil Olah Data.

Nilai *adjusted R square* pada tabel 13 sebesar 0,28. Angka tersebut menjelaskan seluruh variabel X secara simultan memiliki pengaruh sebesar 28% terhadap variabel Y. Sedangkan nilai sisanya yaitu sebesar 12% merupakan pengaruh lain diluar variabel X. Berdasarkan tabel 13, maka hasil regresi dirumuskan pada persamaan 12:

Keterangan: Y: *Humidex*; X: NDBI (data diskrit)

$$Y = 41,591 + 0,285X \tag{15}$$

Estimasi regresi linier menurut persamaan 16, nilai konstanta sebesar 41,591 (siang hari). Hal ini dapat diartikan bahwa variabel NDBI memiliki nilai 0, maka variabel *Humidex* (Y) bernilai X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami peningkatan sebesar 0,285. Sedangkan apabila nilai variabel X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami kenaikan sebesar 0,285. Hal ini dikarenakan nilai *coefficients* dari NDBI memiliki nilai positif.

4. Kesimpulan

Uji akurasi citra satelit menggunakan parameter acuan *kappa accuracy* sehingga seluruh citra satelit dapat digunakan, karena terdapat citra satelit yang masuk kategori *substantial agreement* (0,61 - 0,80) dan *almost perfect agreement* (0,81 - 0,99) (Viera & Garret, 2015 dalam Muhammad, Rombang, & Saroinsong, 2016). Ketersediaan RTH pada Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambaksari dan Kecamatan Mulyorejo mengalami fluktuasi dalam jangka waktu 2011 - 2021. Sama halnya dengan ketersediaan RTH, juga mengalami fluktuasi. Luas lahan RTH mengalami penambahan luas yang signifikan antara tahun 2011 dengan 2021 dengan besar penambahan sebesar 6,02 km², sedangkan untuk penambahan luas lahan terbangun sebesar 0,81 km². *Humidex* merupakan salah satu indeks yang dapat mengukur kenyamanan termal pada suatu wilayah. Hasil dari perhitungan *Humidex* pada pagi, siang, dan sore hari masuk dalam kategori tidak nyaman dan sangat tidak nyaman. Kejadian UHI pada area penelitian tersebar di daerah pemukiman padat dan perkotaan, sedangkan untuk daerah yang tidak terjadi UHI mayoritas berada di sisi timur area penelitian yang didominasi oleh semak belukar dan hutan bakau. Hasil uji korelasi dan regresi linier dalam penerapannya untuk mencari hubungan antara *Humidex* dengan NDVI dan NDBI membuktikan

bahwa NDVI memiliki nilai korelasi sebesar -0,310 sedangkan untuk NDBI memiliki nilai korelasi sebesar 0,207. Estimasi regresi linier NDVI, nilai konstanta sebesar 43,196 (siang hari). Hal ini dapat diartikan bahwa variabel NDVI memiliki nilai 0, maka variabel *Humidex* (Y) bernilai 43,196. Sedangkan apabila nilai variabel X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami penurunan sebesar -0.347. Hal ini dikarenakan nilai *coefficients* dari NDVI memiliki nilai negatif. Estimasi pada regresi linier NDBI, nilai konstanta sebesar 41,591 (siang hari). Hal ini dapat diartikan bahwa variabel NDBI memiliki nilai 0, maka variabel *Humidex* (Y) bernilai X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami peningkatan sebesar 0,285. Sedangkan apabila nilai variabel X mengalami kenaikan satuan, maka nilai Y mengalami kenaikan sebesar 0,285. Hal ini dikarenakan nilai *coefficients* dari NDBI memiliki nilai positif.

Daftar Rujukan

- Al Mukmin, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan dan Keterkaitannya dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 224-233.
- Alifia, N., & Purnomo, Y. (2016). Identifikasi Letak dan jenis Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Permukiman Perkotaan. *Langkau Betang*, 3(2), 25-38.
- Annisa, N., Kurnain, A., Indrayatie, E. R., & Peran, S. B. (2015). Iklim Mikro dan Indeks Ketidaknyamanan Taman Kota di Kelurahan Komet Kota Banjarbaru. *EnviroScientee*, 11(3), 143-151.
- Awaliyan, M. R., & Sulistioadi, Y. B. (2018). Klasifikasi Penutupan Lahan pada Citra Satelit Sentinel-2A dengan Metode Tree Algorithm. *ULIN : Jurnal Hutan Tropis*, 2(2), 98-104.
- BPS Kota Surabaya. (2021). *Kota Surabaya dalam Angka 2021*. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. (2017). Rencana Pembangunan Infrastruktur Cipta Karya. In D. C. Karya, *Review Rencana Program Investasi Jangka Menengah (RPJMJ) Bidang Cipta Karya Kota Surabaya Tahun 2017 - 2021* (pp. 1-48). Surabaya.
- Fadilla, R., Sudarsono, B., & Bashit, N. (2018). Analisis Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang/Wilayah di Kecamatan Penjarangan Kota Administratif Jakarta Utara Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 192-201.
- Fariz, T. R., Sanjoto, B. T., & Setyowati, D. L. (2020). Komparasi Kemampuan Citra Satelit Landsat dalam Mengidentifikasi Suhu Permukaan Daratan di Kota Pekalongan. *Prosiding Seminar Nasional Geografi III-Program Studi Pascasarjana Geografi* (pp. 876-883). Yogyakarta: Fakultas Geografi, UGM.
- Fawzi, N. I., & Jatmiko, R. H. (2018). *Penginderaan Jauh Sistem Termal dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Giofandi, E. A., & Sekartaji, D. (2020). Persebaran Fenomena Suhu Tinggi melalui Kerapatan Vegetasi dan Pertumbuhan Bangunan serta Distribusi Suhu Permukaan. *Jurnal Geografi*, 17(2), 56-62.
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., & Zhang, X. (2015). Impacts of Urban Biophysical Composition on Land Surface Temperature in Urban Heat Island Cluster. *landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
- Hamidy, A. N., Sudarti, & Yushardi. (2021). Analisis Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kenyamanan Masyarakat di Desa Sumber Tengah. *Jurnal Pembelajaran Fisika (JPF)*, 10(2), 70-76.
- Hidayati, I. N., Suharyadi, R., & Danoedoro, P. (2018). Kombinasi Indeks Citra Analisis Lahan Terbangun dan Vegetasi Perkotaan. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 24-32.
- Inavonna. (2015). Hubungan Lingkungan Fisik dengan Kualitas Udara Ruang Luar pada Perumahan Padat di Perkotaan : Studi Kasus Kelurahan Petamburan Jakart Pusat. *Seminar Nasional Keberlanjutan Ruang Huni Masa Depan EKO-ARSITEKTUR* (pp. 227-234). Jakarta: Jurusan Arsitektur FTSP - Universitas Trisakti.
- Jatayu, A., & Susetyo, C. (2017). Analisis Perubahan Temperatur Permukaan Wilayah Surabaya Timur Tahun 2001-2016 Menggunakan Citra LANDSAT. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 429-433.
- Kuc, G., & Chormański, J. (2019). Sentinel-2 Imagery for Mapping and Monitoring Imperviousness in Urban Areas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(1/W2), 43-47.
- Kurnianti, R., & Rahmi, D. H. (2020). Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau dan Urban Heat Island di Kota Makassar. *Jurnal Litbang Sukowati*, 3(2), 150-163.
- Masitoh, F., & Rusydi, A. N. (2020). Climatological Human Comfort Using Heat and Humidity Index (Humidex) in Gadingkulon, Malang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 412(1), 1-10. doi:https://doi.org/10.1088/1755-1315/412/1/012026
- Muhammad, A. M., Rombang, J. A., & Saroinsong, F. B. (2016). Identifikasi Jenis Tutupan Lahan di Kawasan KPHP Poigar dengan Metode Maximum Likelihood. *COCOS*, 7(2), 1-9.
- Nasution, R. I. (2016). *Pengaruh Kenaikan Suhu Udara terhadap Kenyamanan Tinggal di Perkotaan*. Jakarta: Master Thesis, Universitas Indonesia.
- Ningrum, A. S., Rosyidy, M. K., Sukmawati, N. R., Ariani, I. W., & Damayanti, A. (2020). Pengaruh Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus di Kelurahan Sokanegara, Kota Purwokerto). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 7(3), 20-28.

- Nugroho, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal Geodesi Undip*, (5)1, 253-263.
- Octarina, T. M., Putra, I. N., & Wirdiani, N. A. (2019). Penginderaan Jauh Pemrosesan Data Satelit Landsat 8 untuk Deteksi Genangan. *Jurnal Ilmiah Merpati*, 7(1), 77-85.
- Paraditya, R., & Purwanto, T. H. (2012). Pemanfaatan Citra Landsat 7 ETM+ untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi emas di Kawasan Gunung Dodo, Kabupaten Sumbawa, NTB. *Jurnal Bumi Indonesia*, (1)3, 122-129.
- Pratiwi, A. Y., & Jaelani, L. M. (2020). Analisis Perubahan Distribusi Urban Heat Island (UHI) di Kota Surabaya Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 48-55.
- Purwanto, A. (2016). Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 27-36.
- Rafsensa, U., Jaya, L. Q., Sawaludin, & Rahim, S. (2020). Analisis Perbandingan Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2-A untuk Mengidentifikasi Sebaran Mangrove. *JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi)*, 4(1), 63-70.
- Risdianto, I., & Wahid, A. N. (2017). Valuasi Jumlah Air di Ekosistem Lahan Gambut dengan Data Landsat 8 OLI/TIRS. *Jurnal Penginderaan Jauh*, (14)1, 11-24.
- Santi, Belinda, S., Rianty, H., & Aspin. (2019). Identifikasi Iklim Mikro dan Kenyamanan Termal Ruang Terbuka Hijau di Kendari. *NALARs Jurnal Arsitektur*, 18(1), 23-34.
- Siregar, D. C., Lubis, N. A., & Muhajir. (2020). Analisis Kenyamanan Termis Kota Banda Aceh Berdasarkan Temperature Humidity Index, Discomfort Index, dan Humidex. *Widyakala Journal*, (7)1, 53-58.
- Taufik, V. V., Sukmono, A., & Firdaus, H. S. (2021). Estimasi Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Metode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan ARVI (Atmospherically Resistance Vegetation Index) dengan Citra Sentinel-2A (Studi Kasus : Beberapa Wilayah di Provinsi Riau). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 153-162.
- Sutanto. (2013). *Metode Penelitian Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Wati, T., & Nasution, R. I. (2018). Analisis Kenyamanan Termis Klimatologis di Wilayah DKI Jakarta dengan Menggunakan Indeks Panas (Humidex0). *Widyaset*, 4(1), 89-102.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 *Penataan Ruang*. 26 April 2007. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68. Jakarta.
- Wiggers, M. J., Nuarsa, I. W., & Putra, I. D. (2020). Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan Pesisir di Kecamatan Batu Layar, Kabupaten Lombok Barat pada Tahun 2002 dan 2019. *Journal of Marine Research and Technology*, (3)2, 68-74.