

KORESPONDENSI SUBMIT ARTIKEL

PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO

Mohammad Duka^a, Firyane Lihawa^a, Sukirman Rahim^a

^aProgram Studi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo, Indonesia 96128



Fityane Lihawa <fitryane.lihawa@ung.ac.id>

Fwd: REVISI ARTIKEL JAMBURA GEOSCIENCE REVIEW

Jambura Geoscience Review <geosrev@ung.ac.id>
Kepada: fitryane.lihawa@ung.ac.id

6 Oktober 2019 17.30

----- Forwarded message -----

From: **Jambura Geoscience Review** <geosrev@ung.ac.id>
Date: Sun, Oct 6, 2019 at 5:26 PM
Subject: REVISI ARTIKEL JAMBURA GEOSCIENCE REVIEW
To: <mohammad.duka@yahoo.com>, <kakagtlo@gmail.com>

Dear Mohammad Duka

Dewan redaksi Jambura Geoscience Review (JGEOSREV) telah menerima naskah saudara dengan judul "**PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO**". Artikel yang kami terima belum sesuai template artikel jurnal kami, oleh karena itu dewan redaksi telah melakukan penyesuaian template. Namun sebelum kami meneruskan artikel saudara ke **Reviewer**, kami masih membutuhkan revisi dari saudara sehingga sesuai dengan sistematika penulisan standar JGEOSREV, diantaranya saudara perlu memperbaiki:

1. **Pendahuluan:** Belum mencantumkan tujuan penelitian pada akhir paragraf
2. **Abstract:** Harus ditulis dalam satu paragraf, terdiri dari 200 sampai 250 kata dan ditulis dalam bahasa Inggris.
3. **Hasil dan Pembahasan:** merupakan satu kesatuan tidak di tulis terpisah. Contoh: sub bab **3.2.5 Pembahasan** harap di lebur kedalam sub bab lain atau di buatkan sub bab tersendiri.

Bagian-bagian yang saudara akan perbaiki telah kami beri tanda **mark berwarna kuning**. Kami berharap naskah saudara kami terima kembali sebelum tanggal **9 Oktober 2019**.

Terima kasih atas perkenan dan kerja sama yang baik.

Hormat Kami,
Dewan Redaksi
Jambura Geoscience Review (JGEOSREV)

Kota Gorontalo 96128 - Indonesia
Website: <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jgeosrev>

 **ID JGEOSREV-2682.docx**
2862K



PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO

Mohammad Duka^a, Firyane Lihawa^a, Sukirman Rahim^a

^aProgram Studi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo, Indonesia 96128

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima:
Disetujui:
Tersedia online:

Kata kunci:

Tutupan Lahan; Persebaran Suhu; Kota Gorontalo

Penulis korespondensi:

Firyane Lihawa
Program Studi Kependudukan dan
Lingkungan Hidup Program Pasca
Sarjana Universitas Negeri Gorontalo
Email : mohammad.duka@yahoo.com

ABSTRACT

Kota Gorontalo merupakan salah satu wilayah di Provinsi Gorontalo dengan luas 64,79 km². Perkembangan kota dan perkembangan penduduk, menyebabkan terjadinya tekanan terhadap pola pemanfaatan lahan. Proses alih fungsi lahan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan infrastruktur dan fasilitas. Hal ini sering mengorbankan nilai ekologis lahan. Saat ini pembangunan di Kota Gorontalo masih terus berlangsung. Peningkatan suhu diperkirakan akan terus terjadi dan dapat memicu terjadinya heat island. Hal ini sangat penting untuk dikaji guna perencanaan pembangunan Kota Gorontalo yang lebih ramah lingkungan.

Copyright © 2019 JGeosREV-UNG

This open access article is distributed under a

Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 International license

1. Pendahuluan

Lajunya pembangunan di masa sekarang ini menjadi indikator kemajuan suatu daerah sehingga pemerintah berupaya mendukung pembangunan disemua aspek. Di sisi lain pembangunan berdampak pada perubahan kualitas lingkungan. Perubahan tutupan lahan dari yang bervegetasi menjadi ruang terbuka atau material buatan seperti beton dan aspal dapat mengakibatkan perubahan kualitas lingkungan. Banyaknya material buatan, dapat meningkatkan radiasi matahari terperangkap sehingga suhu disekitarnya semakin tinggi. Tutupan vegetasi mampu menurunkan suhu melalui proses evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi) serta penguapan. Pada peristiwa evaporasi, akar tanaman menyerap air dan tanah kemudian air tersebut dibawah ke daun. Selanjutnya pada proses transpirasi terjadi konversi air menjadi gas. Evapotranspirasi dapat mendinginkan udara disekitarnya karena terdapat penyerapan panas saat terjadi evaporasi. Vegetasi menjadi salah satu aspek yang penting untuk dipertimbangkan pada perencanaan kota terkait isu-isu penurunan kualitas lingkungan meliputi tanah, air, udara dan cuaca kota (Fawzi, 2013).

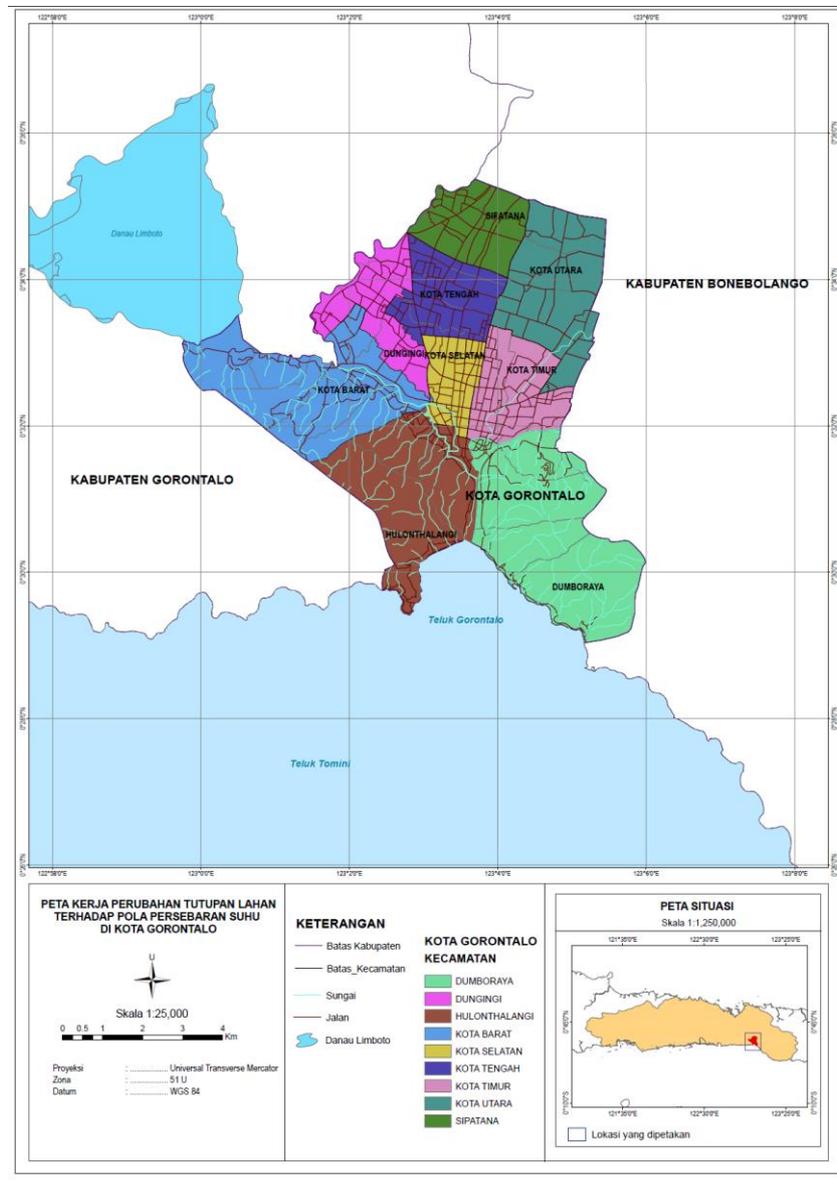
Kota Gorontalo merupakan salah satu wilayah dari Provinsi Gorontalo dengan luas wilayah 64,79 Km² atau sekitar 0,53% dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo merupakan salah satu kota yang sedang mengalami dinamika pembangunan yang pesat karena adanya pembangunan infrastruktur. Secara teknis hal tersebut telah menarik minat investor untuk membangun usaha di Kota Gorontalo sebagai tujuan utama investasi (Bappeda Kota Gorontalo, 2010). Dengan lajunya pembangunan di Kota Gorontalo, menyebabkan terjadi perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan tersebut memicu terjadinya peningkatan suhu di Kota Gorontalo. Secara umum, suhu udara di Gorontalo rata-rata pada siang hari 32 °C, sedangkan pada malam hari 23 °C. Kondisi ini menunjukkan suhu di Kota Gorontalo relatif tinggi. Saat ini pembangunan di wilayah utara Kota Gorontalo masih terus berlangsung. Peningkatan suhu diperkirakan akan terus terjadi dan dapat memicu terjadinya heat island. Pembangunan infrastruktur dan fasilitas dalam menunjang kegiatan perekonomian tidak dapat

dihindarkan. Perencanaan tata ruang wilayah di Kota Gorontalo diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang berkelanjutan salah satunya melalui perencanaan ruang terbuka hijau.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Gorontalo. Luas wilayah Kota Gorontalo adalah 6699,8ha atau 0,65 persen dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo terdiri dari 9 kecamatan dan 50 kelurahan. Secara astronomis, Kota Gorontalo terletak antara $00^{\circ}28'17''$ - $00^{\circ}35'56''$ LU dan antara $122^{\circ}59'44''$ - $123^{\circ}05'59''$ BT. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Metode Penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dan kemudian dianalisis secara deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menginterpretasikan data tekstual dan data gambar yang dihasilkan dari proses pengumpulan dan pengolahan data. Variabel dalam penelitian ini adalah perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan.

Objek penelitian ini adalah wilayah Kota Gorontalo pada media citra satelit Landsat path-row 121-65. Bahan yang digunakan adalah panjang gelombang sinar tampak, inframerah dekat dan inframerah sedang serta panjang gelombang thermal pada Citra satelit Landsat TM dan OLI TIRS. Data citra satelit Landsat belum dapat memberikan informasi yang dibutuhkan terkait dengan penelitian ini sehingga

mebutuhkan proses lebih lanjut untuk memperoleh data melalui proses klasifikasi citra. Proses klasifikasi berdasarkan tekniknya dibedakan atas klasifikasi manual/kualitatif dan klasifikasi kuantitatif. Pada klasifikasi kualitatif, pengelompokan piksel ke dalam suatu kelas dilakukan oleh interpreter secara manual berdasarkan elemen-elemen dasar yang mencakup warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, bayangan, lokasi dan asosiasi. Klasifikasi secara kualitatif lebih dikenal dengan analisis visual atau interpretasi citra. Mengenali objek merupakan kunci keberhasilan dalam interpretasi untuk mendapatkan informasi. Pada klasifikasi secara kuantitatif pengelompokan dilakukan secara otomatis oleh komputer berdasarkan nilai kecerahan (digital number/DN) dari contoh yang diambil sebagai area contoh (Jaya I. S., 2006). Dalam penelitian ini dilakukan klasifikasi secara kualitatif.

Selain kegiatan klasifikasi dilakukan konversi data untuk memperoleh data suhu dengan melakukan analisis suhu permukaan/land surface temperature (LST) dengan menggunakan panjang gelombang thermal pada citra Landsat. Data yang dihasilkan dari proses klasifikasi dan konversi berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif yang dihasilkan yaitu data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan. Data kualitatif yang dihasilkan berupa visualisasi atau gambaran sebaran suhu permukaan, kerapatan vegetasi serta jenis tutupan lahan. Pengumpulan data lain dilakukan melalui studi literatur dan survey dari berbagai instansi terkait. Data-data tersebut menjadi bahan yang siap dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3. Analisis Data

Tahap awal analisis, dilakukan perbaikan terhadap data citra satelit yaitu berupa koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Perbaikan radiometrik dilakukan dengan proses penajaman kontras untuk interpretasi citra. Koreksi geometrik dilakukan dengan proses memberikan koordinat peta pada citra sesuai dengan sistem proyeksi yang digunakan.

Untuk memperoleh nilai suhu permukaan dilakukan konversi nilai digital pada panjang gelombang thermal menjadi data suhu.

2.3.1. Konversi data thermal untuk perolehan data suhu permukaan

1. Konversi Digital Number (DN) menjadi spectral Radiance (L_λ)

a. Citra landsat TM

$$L_\lambda = \text{Grescale} * \text{Qcal} + \text{Brescale} \quad (1)$$

Persemaan tersebut merupakan penyederhanaan dari:

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{\text{QCal}_{\max} - \text{QCal}_{\min}} * (\text{QCal} - \text{QCal}_{\min}) + L_{\min} \quad (2)$$

dimana : L_λ adalah radiasi spektral; Qcal adalah *digital number* pada panjang gelombang *thermal*; L_{\min} adalah radiasi spektral pada skala Qcal_{\min} ; L_{\max} adalah radiasi spektral pada skala Qcal_{\max} ; Qcal_{\max} adalah nilai maksimum terkuantifikasi dari *pixel* terkalibrasi; Qcal_{\min} : nilai minimum terkuantifikasi dari *pixel* terkalibrasi.

b. Citra Landsat OLI TIRS

$$L_\lambda = \text{Ml} \text{ Qcal} + \text{Al} \quad (3)$$

dimana: L_λ adalah radiasi spektral; ML adalah *radiance mult band* (diambil dari *header file* 0.0003342); QCal adalah *digital number band thermal*; AL adalah *radiance add band* (diambil dari *header file* 0.10000).

2. Konversi spectral radiance (L_λ) menjadi temperatur

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(x = \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \quad (4)$$

dimana: T adalah suhu efektif (K); K_2 adalah konstanta kalibrasi 2 (Tabel 1); K_1 adalah konstanta kalibrasi 1 (Tabel 1); L_λ adalah radiasi spektral.

Tabel 1. Nilai Konstanta kalibrasi dari *band thermal*

No	Satelit	K1 (W/(m ² *ster* μ m))	K2 (Kelvin)
1	Landsat TM	607.76	1260.56
2	Landsat OLI TIRS	774.89	1321.08
		480.89	1201.14

Sumber : *Header file* pada landsat yang di gunakan

2.3.2. Klasifikasi kuantitatif untuk memperoleh data tutupan lahan

Klasifikasi kualitatif atau analisis visual dalam konteks multispektral dapat diartikan sebagai suatu proses pengelompokan pixel yang dilakukan oleh interpreter ke dalam kelas-kelas yang ditetapkan berdasarkan nilai kecerahan maupun warna dari pixel tersebut. Identifikasi objek-objek dipermukaan bumi yang tampak pada citra dengan cara mengenalinya atas dasar karakteristik spasial, spektral dan temporal. Elemen spasial dapat meliputi bentuk, ukuran, orientasi dan tekstur seperti jalan, sungai, garis pantai. Elemen temporal dapat meliputi perubahan penutupan lahan (musim, bencana alam, pertumbuhan, dan sebagainya) sedangkan elemen spektral digunakan berdasarkan pengetahuan mengenai teori reflektansi pada penginderaan jauh (Jaya, 2006).

Penafsiran citra satelit Landsat dilakukan dengan cara deliniasi dilayar komputer (*on screen digitizing*) menggunakan perangkat lunak pengolah citra dan sistem informasi geografis. Dalam melakukan interpretasi citra, untuk mengenali suatu objek digunakan 8 unsur interpretasi yaitu :

1. Rona/warna merupakan elemen interpretasi utama. Rona adalah gradasi kecerahan *relative* objek pada citra, sedangkan warna adalah perbedaan gradasi warna pada citra.
2. Tekstur merupakan perbedaan tingkat kekasaran objek yang diamati.
3. Pola adalah susunan spasial objek yang dapat dibedakan secara visual, biasanya berwujud pengulangan rona/warna atau tekstur sama yang membentuk pola tertentu.
4. Bentuk adalah kenampakan secara umum, struktur atau bagan objek dilapangan.
5. Bayangan membantu identifikasi objek, misalnya awan, pohon runcing, tajuk sedikit pada lahan terbuka dan semak berukuran tinggi.
6. Ukuran adalah fungsi skala ukuran relatif dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek dengan membandingkannya dengan objek lain.
7. Asosiasi digunakan bila beberapa objek berdekatan secara erat, masing-masing objek membantu keberadaan objek yang lain.
8. Situs, menjelaskan tentang posisi muka bumi dari citra yang diamatai dalam kaitannya dengan kenampakan disekitarnya.

Setelah melakukan kegiatan interpretasi citra dilakukan pengecekan lapangan (*ground check*). Pengecekan lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi lapangan atau penutupan lahannya. Pengecekan lapangan tidak dilakukan secara menyeluruh melainkan hanya pada beberapa tempat yang dianggap mewakili masing-masing kelas klasifikasi penutupan lahan. Pengecekan lahan dilakukan untuk penunjang dalam intrepretasi data citra satelit. Hal ini bertujuan untuk memverifikasi data citra dengan kenampakan sebenarnya di bumi. Hasil pengecekan lapangan di jadikan acuan untuk membuat klasifikasi citra yang lebih tepat.

2.3.3. Indeks vegetasi

Indeks vegetasi adalah suatu indeks yang dibentuk menggunakan operasi sederhana yaitu pengurangan dan rasio antara kanal inframerah dekat (NIR) dengan kanal merah (RED). Transformasi indeks Vegetasi menggunakan NDVI (*Normal Difference Index Vegetation*). Indeks vegetasi dengan pendekatan ini menghasilkan nilai yang berkisar antara -1 dan +1. Tutupan vegetasi lebat cenderung mempunyai nilai NDVI mendekati +1, lahan kosong umumnya mempunyai nilai mendekati nol. Formula dari indeks vegetasi adalah (Jaya I. , 2010):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

2.3.4. Analisis hubungan data suhu permukaan, tutupan lahan dan indeks vegetasi

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan diperoleh dari perolehan rata-rata permukaan disetiap tutupan lahan. Sedangkan hubungan fungsional suhu permukaan dan indeks vegetasi dinyatakan dalam bentuk $y = f(x)$. Variasi Y dalam fungsi tersebut dipengaruhi oleh variabel x. Analisis yang dilakukan merupakan analisis data statistik berupa regresi linier sederhana untuk melihat bagaimana hubungan yang terjadi, seberapa besar hubungan yang ada dan bagaimana pola hubungan tersebut.

Unit contoh yang dianalisis merupakan nilai pixel dari setiap kelas indeks vegetasi (NDVI) yang dihasilkan yaitu berupa nilai suhu permukaan dan nilai indeks vegetasi. Pemilihan unit contoh untuk setiap nilai piksel dilakukan secara *Random Sampling*. Jumlah contoh (n) dalam penelitian yang bersifat korelasional sampel minimum yang dapat digunakan adalah 30 unit.

3. Hasil dan Pembahasan

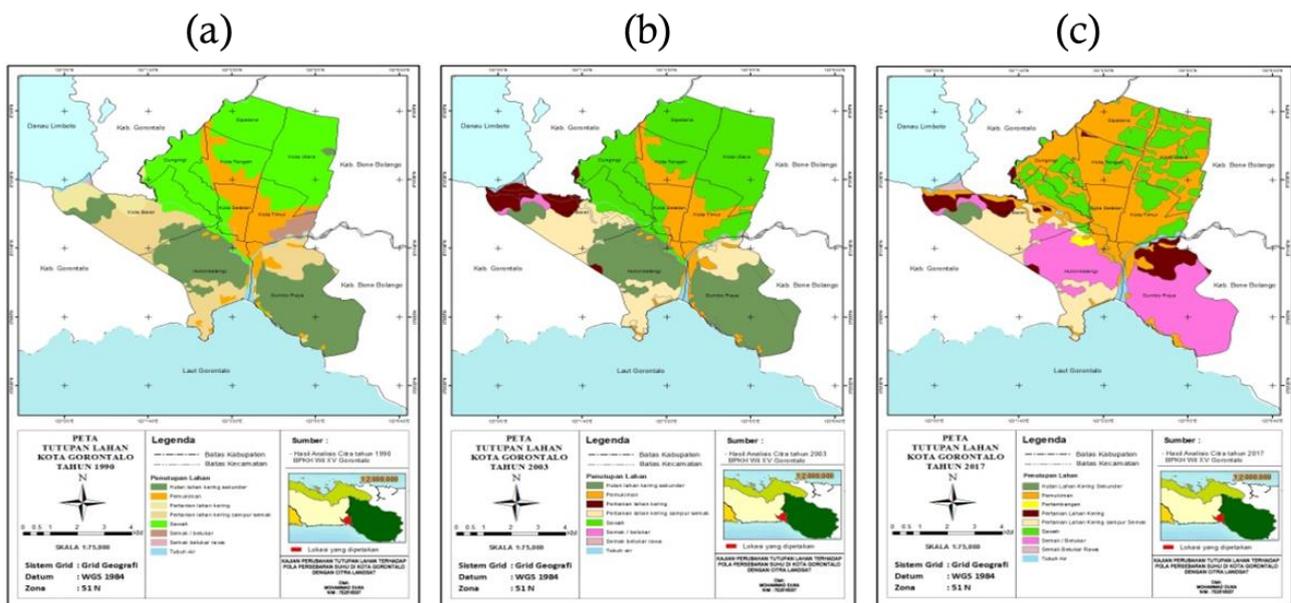
3.1. Penutupan Lahan Kota Gorontalo

Luas tutupan lahan di Kota Gorontalo pada tahun 1990 sebesar 6.699,89 ha dengan luasan tutupan terbesar adalah sawah dan hutan lahan kering sekunder dengan masing-masing luas sebesar 2.471,60 ha dan 1.873,98 ha. Luas pertanian lahan kering campur semak sebesar 990,47 ha. Lahan pemukiman luasnya 870,25 ha. Pertanian lahan kering luasnya sebesar 870,25 ha, semak/belukar luasnya 124,54 ha dan tubuh air luasnya 16,96 ha. Tipe tutupan lahan dengan luas tutupan kecil adalah semak belukar rawa dengan luas 5,25 ha. Pada Tahun 2003 dan Tahun 2017, terjadi perubahan luasan tutupan lahan. Perubahan yang signifikan terjadi pada luas hutan lahan kering sekunder dan pemukiman. Luas hutan pada Tahun 2003 sebesar 1814,77 ha menurun hingga 86,14 ha di Tahun 2017. Luas lahan pemukiman pada Tahun 2003 sebesar 896,89 ha meningkat menjadi 2426,99 ha pada Tahun 2017 (lihat Tabel 2). Peta Penutupan Lahan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Luas penutupan lahan di Kota Gorontalo kualitatif/ analisis visual data citra landsat tahun 1990

Tipe tutupan lahan	Luas (ha)		
	1990	2003	2017
Hutan lahan kering sekunder	1873.98	1814.77	86.14
Pemukiman	870.25	896.89	2426.99
Pertambangan	-	-	28.32
Pertanian lahan kering	270.04	270.04	431.12
Pertanian lahan kering campur semak	990.47	984.40	703.79
Sawah	2471.60	2592.96	1181.44
Semak / belukar	124.54	41.81	1694.11
Semak belukar rawa	5.25	5.25	30.80
Tubuh Air	93.76	93,76	117.17
Total	6699.89	6699.89	6699.89

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003 dan 2017



Gambar 2. Peta penutupan lahan di Kota Gorontalo. (a) tahun 1990; (b) tahun 2003; (c) tahun 2017

3.2. Distribusi Suhu Permukaan di Kota Gorontalo

3.2.1. Distribusi suhu permukaan tahun 1990

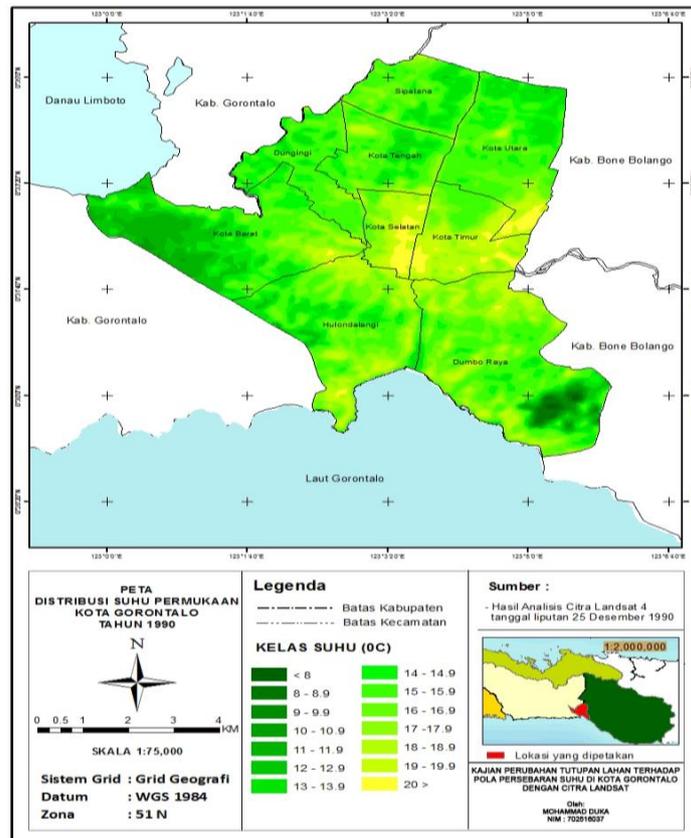
Pada Tahun 1990, distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 15-15.9 °C dengan luas 1852,25 ha. Kondisi tersebut tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sibatana. Berdasarkan hasil layout antara peta administratif Kota Gorontalo dan peta distribusi suhu permukaan pada tahun 1990 terlihat bahwa suhu permukaan yang relatif rendah (suhu permukaan <8 °C) yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya. Sedangkan suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 20 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota

Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Hasil interpretasi terhadap citra landsat diperoleh persebaran suhu di Kota Gorontalo seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo
Luas kecamatan (Ha)

Kelas suhu	Dumbo Raya	Dungingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 8	7.18								
8 - 8.9	31.66								
9 - 9.9	25.43								
10 - 10.9	27.31			10.15					
11 - 11.9	28.97		1.98	172.54					
12 - 12.9	41.80	0.63	20.33	205.49		2.66		1.80	1.27
13 - 13.9	69.14	33.48	123.59	194.30		58.20		119.30	88.04
14 - 14.9	80.37	95.80	82.67	129.97		72.46	0.12	144.36	54.19
15 - 15.9	347.29	262.03	226.65	232.84	9.71	191.31	78.67	326.89	176.86
16 - 16.9	313.13	57.96	227.65	107.60	28.43	97.89	49.10	127.77	121.95
17 - 17.9	260.40	13.09	184.20	68.95	55.64	38.41	73.44	29.96	23.36
18 - 18.9	160.42	1.63	134.57	25.36	63.98	19.52	147.20	20.68	1.66
19 - 19.9	38.84		48.49	14.96	65.99	3.32	120.55	33.24	
20 >	1.23		3.57	2.42	58.03		43.91	33.83	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990



Gambar 3. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 1990

3.2.2. Distribusi suhu permukaan tahun 2003

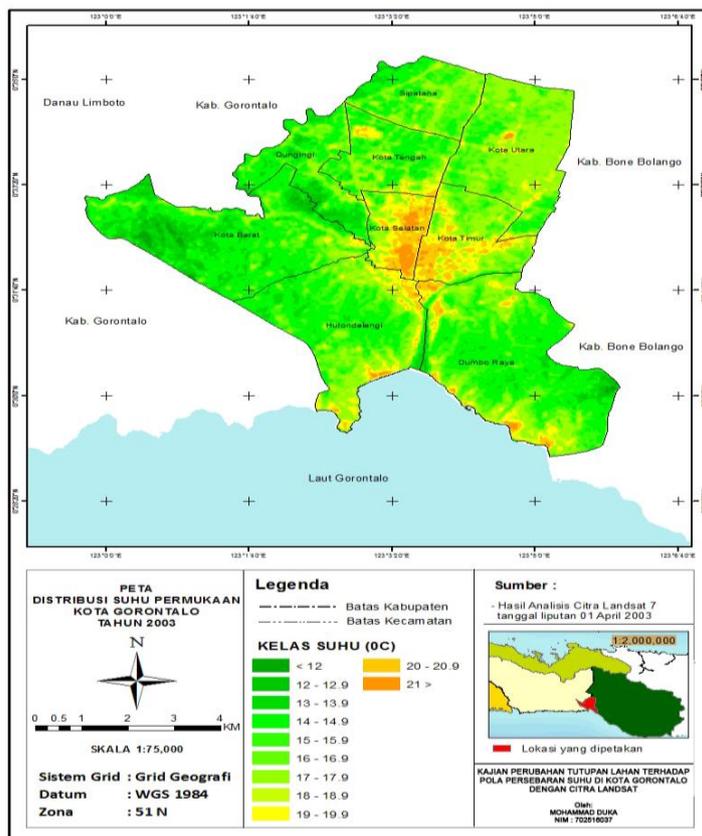
Pada tahun 2003, distribusi suhu permukaan yang relatif rendah adalah suhu permukaan <12 °C yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Dungingi dan Kecamatan Kota Barat. Suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 21 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Distribusi suhu permukaan di

wilayah kecamatan yang terdapat di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 14-14.9 °C dengan luas 1912,29 ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan wilayah administrasi, distribusi kelas suhu tertinggi yaitu terdapat di wilayah Kecamatan Kota Barat dengan luas distribusi suhu permukaan sebesar 1164,80 ha. Sedangkan wilayah Kota Gorontalo dengan luas distribusi suhu permukaan rendah adalah Kecamatan Kota Tengah dengan luas sebesar 281,77 ha. Distibusi suhu di Kota Gorontalo menurut kecamatan ditunjukkan pada Tabel 4. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 4. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2003

Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)								
	Dumbo Raya	Duingingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 8	7.18								
8 - 8.9	31.66								
9 - 9.9	25.43								
10 - 10.9	27.31			10.15					
11 - 11.9	28.97		1.98	172.54					
12 - 12.9	41.80	0.63	20.33	205.49		2.66		1.80	1.27
13 - 13.9	69.14	33.48	123.59	194.30		58.20		119.30	88.04
14 - 14.9	80.37	95.80	82.67	129.97		72.46	0.12	144.36	54.19
15 - 15.9	347.29	262.03	226.65	232.84	9.71	191.31	78.67	326.89	176.86
16 - 16.9	313.13	57.96	227.65	107.60	28.43	97.89	49.10	127.77	121.95
17 - 17.9	260.40	13.09	184.20	68.95	55.64	38.41	73.44	29.96	23.36
18 - 18.9	160.42	1.63	134.57	25.36	63.98	19.52	147.20	20.68	1.66
19 - 19.9	38.84		48.49	14.96	65.99	3.32	120.55	33.24	
20 >	1.23		3.57	2.42	58.03		43.91	33.83	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 2003



Gambar 4. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 2003

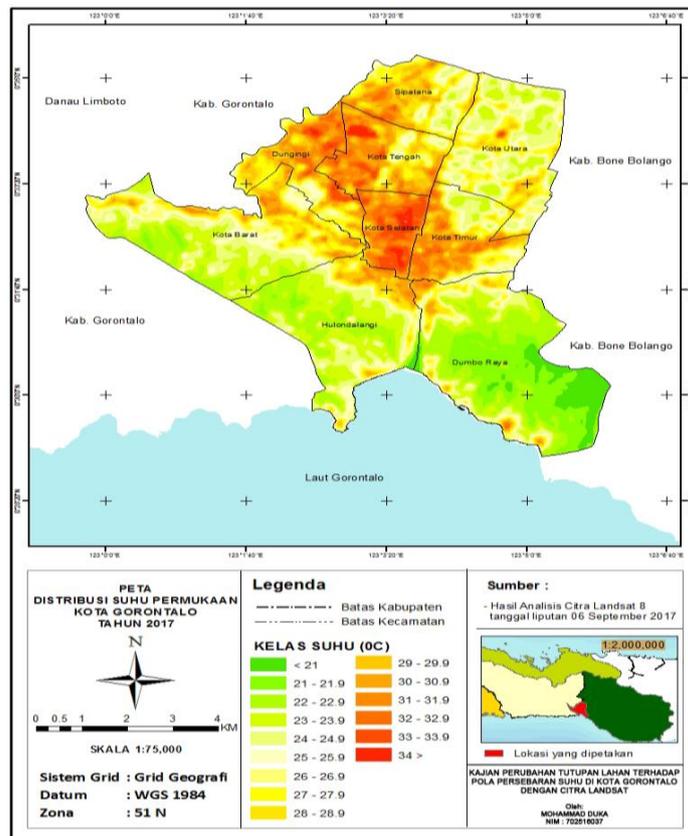
3.2.3. Distribusi suhu permukaan Tahun 2017

Pada tahun 2017 suhupermukaan yang relatif rendah adalah suhu permukaan <12 °C yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Dungingi dan Kecamatan Kota Barat. Suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 21 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 14-14.9 °C dengan luas 1912,29 ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Dungingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan wilayah administrasi, distribusi kelas suhu tertinggi terdapat di wilayah Kecamatan Kota Barat dengan luas distribusi suhu permukaan sebesar 1164,80 ha. Wilayah Kota Gorontalo dengan luas distribusi suhu permukaan rendah adalah Kecamatan Kota Tengah dengan luas sebesar 281,77 ha.

Tabel 5. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2017

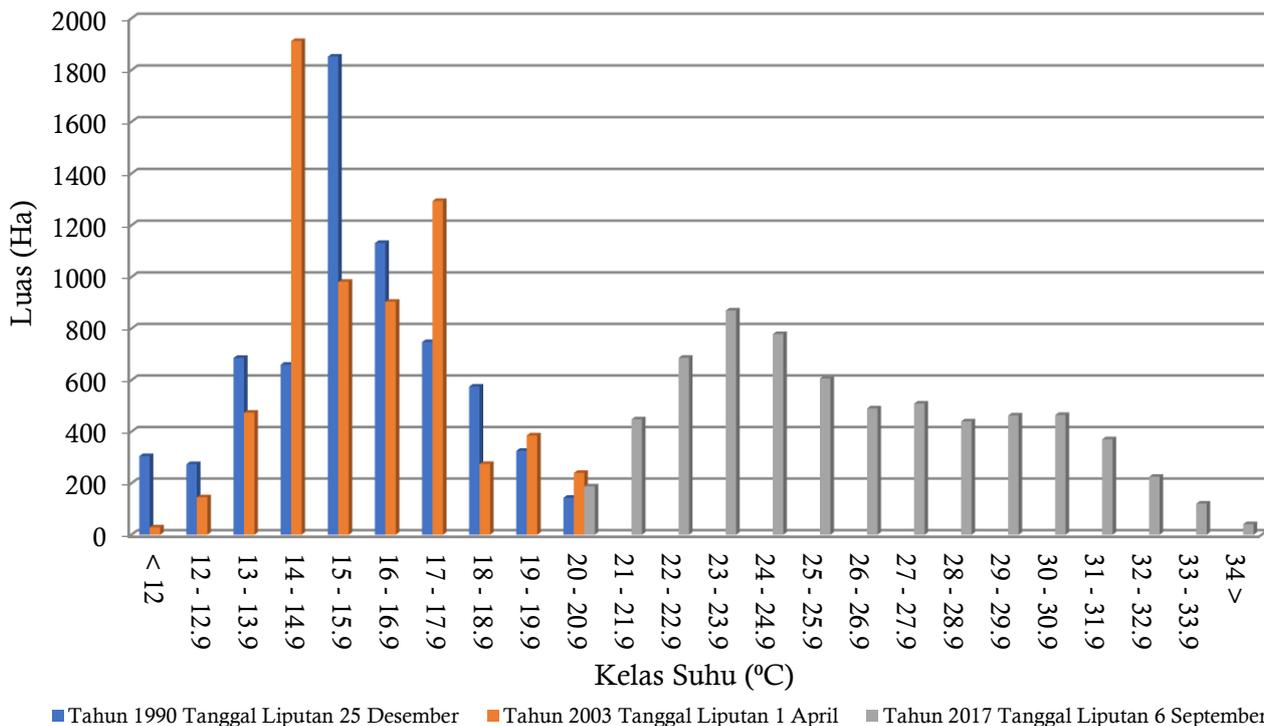
Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)								
	Dumbo Raya	Dungingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 12	3.86	1.25		23.49					
12 - 12.9	17.51	28.90	1.11	95.19		0.09			2.29
13 - 13.9	76.86	81.84	41.71	244.52	0.12	6.75	0.02	0.06	21.70
14 - 14.9	555.24	177.83	338.39	512.74	6.68	140.17	9.02	60.04	112.17
15 - 15.9	240.40	65.69	177.31	129.92	7.83	107.74	39.06	103.69	109.63
16 - 16.9	168.54	56.67	142.60	70.83	11.90	77.78	83.52	177.76	114.40
17 - 17.9	200.66	44.53	193.57	68.85	41.37	90.41	134.68	415.05	104.74
18 - 18.9	52.45	5.11	54.54	10.96	23.23	21.44	46.97	46.99	13.00
19 - 19.9	64.31	1.82	72.02	7.24	68.69	31.05	110.35	27.27	2.52
20 - 20.9	37.01	0.00	25.33	0.78	82.75	7.34	81.83	4.68	
21 >	8.25		3.96	0.27	39.20		7.47	2.23	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 2017



Gambar 5. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 2017

Hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2003 suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara $<12^{\circ}\text{C}$ – $>21^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada periode tahun 2017 hasil citra landsat suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara $<21^{\circ}\text{C}$ – $34>^{\circ}\text{C}$. Distribusi suhu permukaan hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2017 disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo periode tahun 1990 – 2017

3.3. Rata-Rata Suhu Permukaan Tiap Tipe Tutupan Lahan

Rata-rata suhu permukaan terendah terdapat pada kelas tutupan semak belukar, rawa dan hutan lahan kering sekunder. Suhu permukaan yang tertinggi terdapat pada kelas tutupan lahan pertambangan dan pemukiman. Perbandingan diantara suhu permukaan pada lahan pemukiman dan pertambangan dengan tutupan lahan lainnya menunjukkan selisih yang besar. Hal ini disebabkan energi yang terpancar dan terekam oleh sensor satelit pada lahan pemukiman dan pertambangan lebih besar dibandingkan tutupan lahan lainnya. Rata-rata suhu permukaan pada masing-masing tutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata suhu permukaan berdasarkan tutupan lahan pada periode tahun 1990-2017

No	Jenis tutupan	Suh rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)		
		Tahun 1990	Tahun 2003	Tahun 2017
1	Hutan lahan kering sekunder	18.02	27.12	23.69
2	Pemukiman	23.5	27.46	28.42
3	Pertanian lahan kering	21.63	20.76	27.2
4	Pertanian lahan kering campur semak	25.6	27.64	27.04
5	Sawah	26.63	27.27	27.74
6	Semak / belukar	26.38	23.47	27.36
7	Semak belukar rawa	17.5	19.08	26.64
8	Tubuh Air	21.53	22.63	18.86
9	Pertambangan			28.87

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003, 2017

3.4. Hubungan Antara Tipe Penutupan Lahan dan Perubahan Suhu Permukaan

Karakteristik vegetasi dapat dijelaskan melalui nilai indeks vegetasi (NDVI). Nilai NDVI yang dihasilkan dari data citra Landsat dapat menggambarkan kerapatan vegetasi suatu wilayah (Sobrino et al., 2004). Nilai NDVI hasil ekstraksi data citra Landsat dapat merepresentasikan distributivegetasi dan memetakannya berdasarkan pola karakteristik reflektansi kloroferserta perbedaan jumlah vegetasi (Affan, 2002). Menurut (Sobrino et al., 2004) reflektansi radiasi matahari dalam bentuk gelombang

elektromagnetik yang mengenai pepohonan dipengaruhi oleh karakteristik tajuk yang berupa kerapatan tajuk, ketebalan tajuk dan persentase kerapatan kanopinya.

Hasil analisis dengan menggunakan koefisien korelasi antara suhu permukaan dan nilai NDVI menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara suhu permukaan dan indeks vegetasi. Hasil perhitungan menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0.141$ untuk tahun 1990, $r = -0.448$ untuk tahun 2003 dan $r = -0.402$ untuk tahun 2017. Tanda negatif menunjukkan suatu hubungan dengan arah yang berlawanan atau setiap kenaikan nilai indeks vegetasi terjadi penurunan nilai suhu permukaan. Besarnya penurunan suhu permukaan tersebut secara sederhana dinyatakan dalam persamaan regresi linier yaitu :

1. Tahun 1990 : $Suhu = 15.82 - 2.01 NDVI (R^2 = 0,019)$
2. Tahun 2003 : $Suhu = 24.982 - 3.793 NDVI (R^2 = 0,020)$
3. Tahun 2017 : $Suhu = 28.002 - 8.579 NDVI (R^2 = 0,16.1)$

Berdasarkan hasil uji korelasi antara NDVI dan suhu permukaan terlihat hubungan korelasi negatif hanyaberada pada nilai-nilai NDVI diatas nol, pada nilai NDVI dibawah nol (angkanegatif) suhu cenderung menurun. Hal ini dikarenakan nilai NDVI dibawah nolsampai dengan -1 umumnya menunjukkan tutupan badan air yang umumnya jugamemiliki suhu permukaan yang relatif rendah. Nilai NDVI yang mendekati 0 pada umumnya merupakan tutupan lahan terbangun atau lahan terbuka yang memilikisuhu permukaan yang lebih tinggi. Nilai R^2 merupakan nilai koefisien determinasi yang menyatakan besarnypersentase nilai suhu permukaan yang dapat dijelaskan oleh nilai NDVI dansisinya dijelaskan oleh faktor lain yang tidak terdapat pada model.

Nilai koefisien determinasi yang terus mengalami penurunan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 dapat menunjukan peran vegetasi yang semakin menurun terhadap besarnya suhu permukaan. Salah satu hal yang mempengaruhi penurunan peran vegetasiterhadap besarnya suhu permukaan adalah adanya perubahan tutupan lahan. Sebagaimana hasil analisis tutupan lahan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan yang semula berupa hutan, kebuncampuran, dan semak menjadi lahan-lahan pertanian serta perubahan lahan-lahanbervegetasi menjadi lahan terbangun.

3.4.1. Pembahasan

Dari hasil interpretasi citra landsat, tutupan lahan di Kota Gorontalo pada priode tahun 1990 sampai tahun 2017 terjadi perubahan luasan. Pola distribusi suhu permukaan pada tahun 1990, 2003 dan 2017 secara umum relatif berbeda. Pola perubahan distribusi suhu permukaan hampir menyerupai pola perubahan tutupan lahan. Selain perubahan tutupan lahan, pola tanam pada lahan pertanian tanaman semusim yang dapat mempengaruhi karakteristik vegetasi yang pada akhirnya berpengaruh pada pola distribusi suhu permukaan. Masing-masing tutupan lahan cenderung mengalami peningkatan suhu permukaan dari tahun 1990, 2003 dan 2017.

Pada beberapa tipe tutupan lahan dari tahun 1990-2017 mengalami penurunan luas tutupan. Hutan lahan kering sekunder mengalami penurunan luasan lahan sebesar 1.787,85 ha. Pertanian lahan kering campur semak mengalami penurunan 286,68 ha. Sawah mengalami penurunan luas sebesar 1290,15 ha. Tutupan lahan yang mengalami peningkatan luasan dari tahun 1990-2017 adalah pemukiman dan pertanian lahan kering. Lahan pemukiman mengalami peningkatan sebesar 1556,74 ha. Pertanian lahan kering meningkat sebesar 161,08 ha. Semak belukar, rawa dan tubuh air mengalami peningkatan luas dengan masing-masing luas sebesar 1569,57 ha, 25,55 ha dan 23,41 ha. Pola distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo dari tahun 1990-2017 terjadi peningkatan.

Perubahan luasan yang terjadi tidak selalu disebabkan oleh adanya konversi lahan dari hutan atau kebun campuran, tetapi juga dipengaruhi oleh pola tanam yang berubah-ubah. Luasan yang tidak tetap namun relatif berkurang dari tahun ke tahun adalah luasan pada penutupan lahan hutan, walaupun secara tepat tidak dapat diperkirakan perubahan luasan yang terjadi karena adanya tutupan awandisekitar kawasan. Beberapa wilayah berhutan di daerah pegunungan dan sekitarnya pada wilayah tropis seringkali menjadi wilayah yang tertutup awan pada data penginderaan jauh optis. Keberadaan awan menyebabkan panjang gelombang tidak sampai ke objek/permukaan bumi tetapi langsung dipantulkan oleh awan tersebut sehingga data yang terekam berupa awan yang berwarna keputihan dan permukaan bumi terhalang.

Selain itu, luas lahan perubahan penggunaan lahan di Kota Gorontalo banyak disebabkan karena semakin bertambahnya penduduk memerlukan lahan untuk tempat tinggal sehingga banyak lahan yang digunakan untuk pemukiman. Pertambahan jumlah penduduk merupakan faktor utama dalam mendorong peningkatan lahan kawasan terbangun (Nurhayati, 2016). Dalam pengklasifikasiannya, lahan terbangun meliputi pemukiman, pusat pemerintahan, area perdagangan dan jasa, kawasan industri

dan jalan raya. Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk perkotaan di Indonesia, memberikan konsekuensi meningkatnya permintaan sarana dan prasarana kota (Iriyanto, 2008). Perkembangan cepat suatu kota dipastikan menyebabkan terjadinya perubahan pemanfaatan ruang. Hal ini dikarenakan tanah merupakan sumber daya yang terbatas. Dengan demikian, cepat atau lambat, dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan urbanisasi, berbagai penggunaan lahan di perkotaan akan mulai saling bertentangan.

Selanjutnya pada kawasan sawah mengalami perubahan luas, dari periode tahun 1990 sampai dengan tahun 2017, luas persawahan di Kota Gorontalo mengalami penurunan luas sebesar 1290,15 ha. Hal ini merupakan imbas dari peningkatan jumlah penduduk, aktivitas dan proses pembangunan. Konversi lahan merupakan konsekuensi logis dari peningkatan aktivitas dan jumlah penduduk serta proses pembangunan lainnya. Konversi lahan pada tahap tertentu wajar terjadi, namun pada sisi lain jika tidak dikendalikan maka akan semakin bermasalah karena umumnya alih fungsi terjadi di atas lahan pertanian yang masih produktif (Arsyad & Rustiyati, 2008; Budi, 2015).

Hasil analisis antara data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan pada tahun 1990, 2003 dan 2017 secara umum menunjukkan adanya perbedaan nilai suhu permukaan pada setiap tutupan lahan serta menunjukkan adanya peningkatan suhu pada ketiga tahun tersebut. Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh kesuatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naikturunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya, semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat.

Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh ke suatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naik turunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya, semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat.

Vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari untuk melakukan metabolisme dalam dirinya sehingga dapat menurunkan suhu. Fotosintesis yang merupakan proses pada tumbuhan ditentukan oleh energi yang bersumber dari sinar matahari. Fotosintesis mengikat energi surya menjadi energi dalam bentuk bahan kimia kaya energi yang dapat menjadi sumber makanan makhluk hidup. Proses fotosintesis secara simultan terjadi dengan proses transpirasi pada tumbuhan yang juga dapat menurunkan suhu. Saat transpirasi, terjadi penguapan air melalui pori-pori daun dan cabang tanaman. Besarnya transpirasi dalam batas tertentu dipengaruhi oleh karakteristik dan kerapatan vegetasi seperti struktur tajuk, perilaku pori-pori daun dan sebagainya (Asdak, 2014).

Hasil analisis hubungan suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan lahan bervegetasi terutama hutan memiliki suhu yang relatif lebih rendah jika dibandingkan lahan terbangun. Kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari lebih baik jika dibandingkan dengan lahan terbangun. Struktur vegetasi juga berpengaruh terhadap kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari. Jenis vegetasi tertentu dengan struktur yang rapat seperti pohon yang memiliki lapisan tajuk dengan banyak daun, ranting dan cabang menawarkan manfaat yang lebih besar karena dapat mengurangi radiasi yang ditransmisikan secara terus menerus (Armson, 2012). Pohon juga menawarkan efek peneduhan dari

fungsi pembayangan. (Purnomohadi, 1995) dan (Wonohardjo, 2010) juga menyimpulkan bahwa vegetasi pohon berpengaruh positif terhadap fungsi ameliorasi suhu, baik melalui evapotranspirasi, refleksi matahari yang tinggi serta efek pembayangan permukaan di bawah kanopi. Penanaman sekelompok pepohonan yang berkerapatan tinggi merupakan perlindungan dalam mengurangi temperatur yang tinggi pada siang hari (Fandely & Muhamad, 2009).

4. Kesimpulan

Trend perubahan suhu permukaan yang terjadi di Kota Gorontalo yaitu suhu permukaan di Kota Gorontalo periode 1990, 2003 dan 2017 mengalami peningkatan. Peningkatan suhu permukaan terjadi pada tutupan vegetasi yang telah mengalami perubahan luas. Kelas suhu permukaan rendah mengalami penurunan luas dari tiga tahun peliputan dan mengalami peningkatan perubahan luas penutupan pada lahan dengan kelas suhu permukaan tinggi, dengan pola distribusi suhu permukaan yang berbeda pada masing-masing wilayah yang berada di Kota Gorontalo.

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan bahwa vegetasi hutan memiliki suhu permukaan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan lahan terbangun, serta suhu permukaan pada setiap vegetasi berbeda bergantung pada karakteristik vegetasi yang ditunjukkan oleh hubungan nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan yang menunjukkan korelasi negatif dengan nilai berturut-turut pada tahun 1990, 2003 dan 2017 sebesar -0.141, -0.448 dan -0.402. Perubahan suhu permukaan di Kota Gorontalo dipengaruhi oleh adanya perubahan tutupan lahan yang ditandai oleh kesamaan pola perubahan distribusi suhu permukaan dengan pola perubahan tutupan lahan.

5. Referensi

- Adiningsih, E. S., Soenarmo, S. H., & Mujiasih. (2001). Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. Studi Kasus Cekungan Bandung. *Jurnal Lapan*.
- Affan, M. J. (2002). *Penilaian Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan Berdasarkan Indeks Vegetasi dan KDBI*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB.
- Armson, D. (2012). *The Effect of Trees and Grass on the Thermal and Grass on the thermal and hydrological performance of an urban area*. University of Manchester.
- Arsyad, S., & Rustiyati. (2008). *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Jakarta: Crespent Press dan Yayasan Obor Indonesia.
- Bappeda Kota Gorontalo. (2010). *Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Kota Gorontalo Tahun 2010*. Gorontalo: Bappeda Kota Gorontalo.
- BPS Kota Gorontalo. (2014). *Kota Gorontalo Dalam Angka Tahun 2014*. 2014: BPS Kota Gorontalo.
- Budi, P. R. (2015). *Alih Fungsi Lahan Di Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Bandung Dan Yogyakarta)*. Yogyakarta: Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI).
- Fandely, C., & Muhamad. (2009). *Prinsip-prinsip Dasar Mengkonservasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fawzi, N. I. (2013). *Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta – Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Iriyanto, S. (2008). *Analisis Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) Kota Liwa Kabupaten Lampung Barat dan Arah Kebijakan Pembangunan Kota Liwa Pada Era Otonomi Daerah (Studi Kasus P3KT: Komponen Air Bersih)*. Jakarta: Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Jaya, I. (2010). *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan; Fakultas Kehutanan IPB.
- Jaya, I. S. (2006). *Fotogrametri dan penafsiran potret udara di bidang Kehutanan*. Bogor: Laboratorium Fisik Remote Sensing dan GIS. Fakultas Kehutanan, IPB.
- Nurhayati. (2016). *Analisis Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Di Kabupaten Majalengka*. Tesis. Program Studi Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Padjajaran. Bandung. Bandung: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Padjajaran.
- Purnomohadi, S. (1995). *Peran Ruang Terbuka Hijau dalam Pengendalian Kualitas Udara di DKI Jakarta*. Bogor: IPB Bogor.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., & Paolini. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environmental*, 434-440.
- Sugini. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang; Konsep dan Penerapan pada Desain*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wonohardjo, S. (2010). *Pengaruh Karakteristik Fisik Terhadap Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Kawasan Kota Bandung*. Bandung: Program Studi Arsitektur Institut Teknologi Bandung.



Fityane Lihawa <fityane.lihawa@ung.ac.id>

HASIL REVIEW PERTAMA ARTIKEL JGEOSREV

Jambura Geoscience Review <geosrev@ung.ac.id>
Kepada: fityane.lihawa@ung.ac.id, mohammad.duka@yahoo.com

9 Oktober 2019 10.26

Dear. Mohammad Duka

Kami telah menerima hasil telaahan (review) pertama atas naskah dengan **ID JGEOSREV-2682** dari reviewer pertama (terlampir). Selain melakukan perbaikan pada naskah penelitian, mohon untuk **mengisi tabel perbaikan terlampir (comment review)** untuk memudahkan reviewer dalam memeriksa kesesuaian komentar dengan hasil perbaikan dari author. Dimohon revisi naskah yang telah diperbaiki diberi mark bagian yang sudah dilakukan revisi (**misal. warna kuning**). Agar reviewer mudah mengecek kembali bagian-bagian yang diperbaiki. Hasil perbaikan harap segera diperbaiki dan dikirim kembali kepada kami dalam waktu **kurang dari 7 (tujuh) hari (paling lambat 16 Oktober 2019)**. Mohon untuk dapat dikirimkan sesuai tanggal deadline melalui **email: geosrev@ung.ac.id**, agar naskah saudara dapat diproses lebih lanjut.

Terima kasih atas kerjasamanya

**Hormat Kami,
Dewan Redaksi
Jambura Geoscience Review (JGEOSREV)**

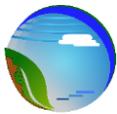
Kota Gorontalo 96128 - Indonesia
Website: <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jgeosrev/index>

3 lampiran

 **[JGEOSREV] COMMENT REVIEWER.docx**
71K

 **[JGEOSREV] REVIEW NOTES.docx**
88K

 **ID JGEOSREV-2682_rev.docx**
2889K



PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima:

Disetujui:

Tersedia online:

Kata kunci:

Tutupan Lahan; Persebaran Suhu; Kota Gorontalo

Penulis korespondensi:

ABSTRACT

Gorontalo City is one of the regions in Gorontalo Province. Urban development and population growth, causing pressure on land use patterns. Changes in land use are carried out to meet the community's needs for infrastructure. At present, development in Gorontalo City is still ongoing. The increase in temperature is expected to continue and can trigger heat island. This is very important to be studied for the Gorontalo City development planning that is more environmentally friendly. The object of this research is the Gorontalo City area on Landsat path-row 121-65 satellite imagery media. The results showed an increase in temperature in Gorontalo City since 1990, 2003, and 2017. The correlation between surface temperature and land cover is negative. The value of the correlation coefficient (r) in 1990 was -0.41. The correlation coefficient (r) in 2003 was -0.448. The correlation coefficient (r) in 2017 is -0.402. Changes in surface temperature in Gorontalo City are influenced by changes in the land cover which is marked by the similarity of patterns of changes in surface temperature distribution with patterns of land cover changes.

Copyright © 2019 JGeosREV-UNG

This open access article is distributed under a

Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 International license

1. Pendahuluan

Lajunya pembangunan di masa sekarang ini menjadi indikator kemajuan suatu daerah sehingga pemerintah berupaya mendukung pembangunan disemua aspek. Di sisi lain pembangunan berdampak pada perubahan kualitas lingkungan. Perubahan tutupan lahan dari yang bervegetasi menjadi ruang terbuka atau material buatan seperti beton dan aspal dapat mengakibatkan perubahan kualitas lingkungan. Banyaknya material buatan, dapat meningkatkan radiasi matahari terperangkap sehingga suhu disekitarnya semakin tinggi. Tutupan vegetasi mampu menurunkan suhu melalui proses evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi) serta peneduhan. Pada peristiwa evaporasi, akar tanaman menyerap air dan tanah kemudian air tersebut dibawah ke daun. Selanjutnya pada proses transpirasi terjadi konversi air menjadi gas. Evapotranspirasi dapat mendinginkan udara disekitarnya karena terdapat penyerapan panas saat terjadi evaporasi. Vegetasi menjadi salah satu aspek yang penting untuk dipertimbangkan pada perencanaan kota terkait isu-isu penurunan kualitas lingkungan meliputi tanah, air, udara dan cuaca kota (Fawzi, 2013).

Kota Gorontalo merupakan salah satu wilayah dari Provinsi Gorontalo dengan luas wilayah 64,79 Km² atau sekitar 0,53% dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo merupakan salah satu kota yang sedang mengalami dinamika pembangunan yang pesat karena adanya pembangunan infrastruktur. Secara teknis hal tersebut telah menarik minat investor untuk membangun usaha di Kota Gorontalo sebagai tujuan utama investasi (Bappeda Kota Gorontalo, 2010). Dengan lajunya pembangunan di Kota Gorontalo, menyebabkan terjadi perubahan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan tersebut memicu terjadinya peningkatan suhu di Kota Gorontalo. Secara umum, suhu udara di Gorontalo rata-rata pada

Commented [L1]: Cek daftar pustaka

Commented [L2]: Cek daftar pustaka

Commented [L3]: Perubahan tutupan lahan sebaiknya dituliskan, seberapa besar, dan pengaruh dari perubahan tutupan lahan. Ditambahkan dengan literatur review terkait dengan perubahan tutupan lahan.

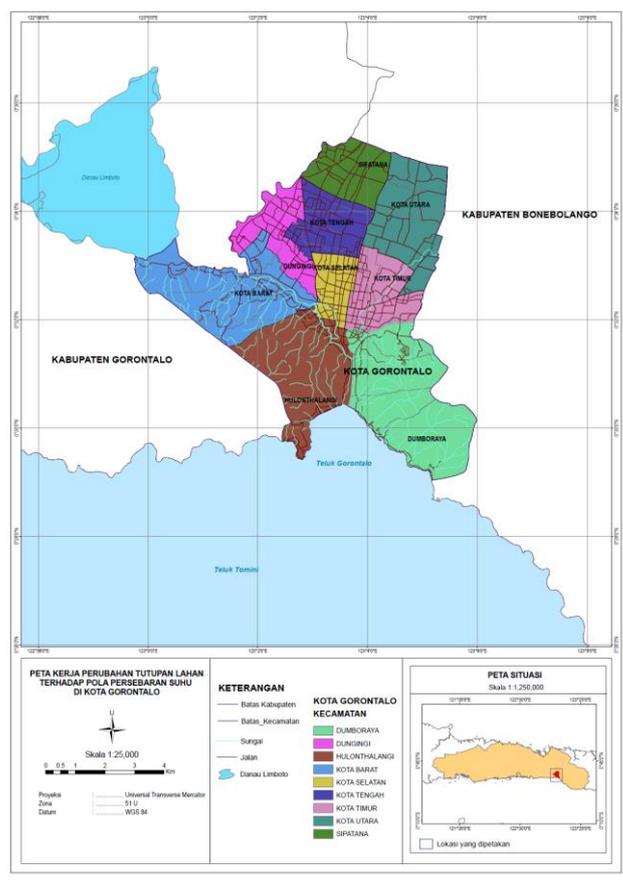
siang hari 32 °C, sedangkan pada malam hari 23 °C. Kondisi ini menunjukkan suhu di Kota Gorontalo relatif tinggi. Saat ini pembangunan di wilayah utara Kota Gorontalo masih terus berlangsung. Peningkatan suhu diperkirakan akan terus terjadi dan dapat memicu terjadinya *heat island*. Pembangunan infrastruktur dan fasilitas dalam menunjang kegiatan perekonomian tidak dapat dihindarkan. Perencanaan tata ruang wilayah di Kota Gorontalo diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang berkelanjutan salah satunya melalui perencanaan ruang terbuka hijau.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka penting untuk mengkaji perubahan suhu di Kota Gorontalo. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola distribusi suhu permukaan, trend peningkatan suhu permukaan dan hubungan antara tipe penutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Gorontalo.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Gorontalo. Luas wilayah Kota Gorontalo adalah 6699,8ha atau 0,65 persen dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo terdiri dari 9 kecamatan dan 50 kelurahan. Secara astronomis, Kota Gorontalo terletak antara 00°28'17" - 00°35'56" LU dan antara 122°59'44" - 123°05'59" BT. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Commented [L4]: Ditambahkan beberapa literatur terkait dengan penyebab heat island serta faktor yang berpengaruh dari beberapa penelitian terdahulu.

Pendahuluan:
Masih harus ditambahkan terkait dengan dampak, sebab, dan akibat perubahan penggunaan lahan terkait dengan heat island. (menggunkan jurnal terbaru)/

Commented [L5]: Isi peta/muka peta belum dintonjolkan sejera jelas. Muka peta masih memuat area yang "tidak" digunakan dalam penelitian. Komposisi dan layout peta harus ditata ulang, font, dan lokasi tepi peta disesuaikan dengan tampilan peta. Inset peta, harus memuat toponimi dan menggunakan daerah yang mudah dikenali oleh orang lain.

2.2. Metode Penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dan kemudian dianalisis secara deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menginterpretasikan data tekstual dan data gambar yang dihasilkan dari proses pengumpulan dan pengolahan data. Variabel dalam penelitian ini adalah perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan.

Objek penelitian ini adalah wilayah Kota Gorontalo pada media citra satelit Landsat path-row 121-65. Bahan yang digunakan adalah panjang gelombang sinar tampak, inframerah dekat dan inframerah sedang serta panjang gelombang thermal pada Citra satelit Landsat TM dan OLI TIRS. Data citra satelit Landsat belum dapat memberikan informasi yang dibutuhkan terkait dengan penelitian ini sehingga membutuhkan proses lebih lanjut untuk memperoleh data melalui proses klasifikasi citra. Proses klasifikasi berdasarkan tekniknya dibedakan atas klasifikasi manual/kualitatif dan klasifikasi kuantitatif. Pada klasifikasi kualitatif, pengelompokan piksel ke dalam suatu kelas dilakukan oleh interpreter secara manual berdasarkan elemen-elemen dasar yang mencakup warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, bayangan, lokasi dan asosiasi. Klasifikasi secara kualitatif lebih dikenal dengan analisis visual atau interpretasi citra. Mengenali objek merupakan kunci keberhasilan dalam interpretasi untuk mendapatkan informasi. Pada klasifikasi secara kuantitatif pengelompokan dilakukan secara otomatis oleh komputer berdasarkan nilai kecerahan (digital number/DN) dari contoh yang diambil sebagai area contoh (Jaya I. S., 2006). Dalam penelitian ini dilakukan klasifikasi secara kualitatif.

Selain kegiatan klasifikasi dilakukan konversi data untuk memperoleh data suhu dengan melakukan analisis suhu permukaan/land surface temperature (LST) dengan menggunakan panjang gelombang thermal pada citra Landsat. Data yang dihasilkan dari proses klasifikasi dan konversi berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif yang dihasilkan yaitu data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan. Data kualitatif yang dihasilkan berupa visualisasi atau gambaran sebaran suhu permukaan, kerapatan vegetasi serta jenis tutupan lahan. Pengumpulan data lain dilakukan melalui studi literatur dan survey dari berbagai instansi terkait. Data-data tersebut menjadi bahan yang siap dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3. Analisis Data

Tahap awal analisis, dilakukan perbaikan terhadap data citra satelit yaitu berupa koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Perbaikan radiometrik dilakukan dengan proses penajaman kontras untuk interpretasi citra. Koreksi geometrik dilakukan dengan proses memberikan koordinat peta pada citra sesuai dengan sistem proyeksi yang digunakan.

Untuk memperoleh nilai suhu permukaan dilakukan konversi nilai digital pada panjang gelombang thermal menjadi data suhu.

2.3.1. Konversi data thermal untuk perolehan data suhu permukaan

1. Konversi Digital Number (DN) menjadi spectral Radiance (L_λ)

a. Citra landsat TM

$$L_\lambda = \text{Grescale} * \text{Qcal} + \text{Brescale} \quad (1)$$

Persemaian tersebut merupakan penyederhanaan dari:

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{QCal_{\max} - QCal_{\min}} * (QCal - QCal_{\min}) + L_{\min} \quad (2)$$

dimana : L_λ adalah radiasi spektral; Qcal adalah digital number pada panjang gelombang thermal; L_{\min} adalah radiasi spektral pada skala $Qcal_{\min}$; L_{\max} adalah radiasi spektral pada skala $Qcal_{\max}$; $Qcal_{\max}$ adalah nilai maksimum terkuantifikasi dari pixel terkalibrasi; $Qcal_{\min}$: nilai minimum terkuantifikasi dari pixel terkalibrasi.

b. Citra Landsat OLI TIRS

$$L_\lambda = \text{Ml} \text{ Qcal} + \text{Al} \quad (3)$$

dimana: L_λ adalah radiasi spektral; ML adalah radiance mult band (diambil dari header file 0.0003342); QCal adalah digital number band thermal; AL adalah radiance add band (diambil dari header file 0.10000).

2. Konversi spectral radiance (L_λ) menjadi temperatur

$$T = \frac{K_2}{\ln(x = \frac{K_1}{L_\lambda} + 1)} \quad (4)$$

Commented [L6]: Metode kuantitatif yang dimaksudkan tolong dijelaskan dalam metode penelitian.

Commented [L7]: Background knowledge nya darimana? Mohon disertakan sumber yang jelas, apabila memang mengambil dari pernyataan orang. Literatur yang digunakan disesuaikan dengan topik penelitian

Commented [L8]: Mohon mencari dari buku Penginderaan Jauh terkait dengan klasifikasi visual dan digital.

dimana: T adalah suhu efektif (K); K_2 adalah konstanta kalibrasi 2 (Tabel 1); K_1 adalah konstanta kalibrasi 1 (Tabel 1); L_λ adalah radiasi spektral.

Tabel 1. Nilai Konstanta kalibrasi dari *band thermal*

No	Satelit	K_1 (W/(m ² *ster* μ m))	K_2 (Kelvin)
1	Landsat TM	607.76	1260.56
2	Landsat OLI TIRS	774.89	1321.08
		480.89	1201.14

Sumber : Header file pada landsat yang di gunakan

2.3.2. Klasifikasi kuantitatif untuk memperoleh data tutupan lahan

Klasifikasi kualitatif atau analisis visual dalam konteks multispektral dapat diartikan sebagai suatu proses pengelompokan pixel yang dilakukan oleh interpreter ke dalam kelas-kelas yang ditetapkan berdasarkan nilai kecerahan maupun warna dari pixel tersebut. Identifikasi objek-objek dipermukaan bumi yang tampak pada citra dengan cara mengenalinya atas dasar karakteristik spasial, spektral dan temporal. Elemen spasial dapat meliputi bentuk, ukuran, orientasi dan tekstur seperti jalan, sungai, garis pantai. Elemen temporal dapat meliputi perubahan penutupan lahan (musim, bencana alam, pertumbuhan, dan sebagainya) sedangkan elemen spektral digunakan berdasarkan pengetahuan mengenai teori reflektansi pada penginderaan jauh (Jaya, 2006).

Penafsiran citra satelit Landsat dilakukan dengan cara deliniasi dilayar komputer (*on screen digitizing*) menggunakan perangkat lunak pengolah citra dan sistem informasi geografis. Dalam melakukan interpretasi citra, untuk mengenali suatu objek digunakan 8 unsur interpretasi yaitu :

1. Rona/warna merupakan elemen interpretasi utama. Rona adalah gradasi kecerahan *relative* objek pada citra, sedangkan warna adalah perbedaan gradasi warna pada citra.
2. Tekstur merupakan perbedaan tingkat kekasaran objek yang diamati.
3. Pola adalah susunan spasial objek yang dapat dibedakan secara visual, biasanya berwujud pengulangan rona/warna atau tekstur sama yang membentuk pola tertentu.
4. Bentuk adalah kenampakan secara umum, struktur atau bagan objek dilapangan.
5. Bayangan membantu identifikasi objek, misalnya awan, pohon runcing, tajuk sedikit pada lahan terbuka dan semak berukuran tinggi.
6. Ukuran adalah fungsi skala ukuran relatif dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek dengan membandingkannya dengan objek lain.
7. Asosiasi digunakan bila beberapa objek berdekatan secara erat, masing-masing objek membantu keberadaan objek yang lain.
8. Situs, menjelaskan tentang posisi muka bumi dari citra yang diamatai dalam kaitannya dengan kenampakan disekitarnya.

Setelah melakukan kegiatan interpretasi citra dilakukan pengecekan lapangan (*ground check*). Pengecekan lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi lapangan atau penutupan lahannya. Pengecekan lapangan tidak dilakukan secara menyeluruh melainkan hanya pada beberapa tempat yang dianggap mewakili masing-masing kelas klasifikasi penutupan lahan. Pengecekan lahan dilakukan untuk menunjang dalam intepretasi data citra satelit. Hal ini bertujuan untuk memverifikasi data citra dengan kenampakan sebenarnya di bumi. Hasil pengecekan lapangan di jadikan acuan untuk membuat klasifikasi citra yang lebih tepat.

2.3.3. Indeks vegetasi

Indeks vegetasi adalah suatu indeks yang dibentuk menggunakan operasi sederhana yaitu pengurangan dan rasio antara kanal inframerah dekat (NIR) dengan kanal merah (RED). Transformasi indeks Vegetasi menggunakan NDVI (*Normalized Difference Index Vegetation*). Indeks vegetasi dengan pendekatan ini menghasilkan nilai yang berkisar antara -1 dan +1. Tutupan vegetasi lebat cenderung mempunyai nilai NDVI mendekati +1, lahan kosong umumnya mempunyai nilai mendekati nol. Formula dari indeks vegetasi adalah (Jaya I. , 2010):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

2.3.4. Analisis hubungan data suhu permukaan, tutupan lahan dan indeks vegetasi

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan diperoleh dari perolehan rata-rata permukaan disetiap tutupan lahan. Sedangkan hubungan fungsional suhu permukaan dan indeks vegetasi dinyatakan dalam bentuk $y = f(x)$. Variasi Y dalam fungsi tersebut dipengaruhi oleh variabel x. Analisis yang

Commented [L9]: visual

Commented [L10]: Ditambahkan skema klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan

Commented [L11]: Kanal == saluran. Biasanya dalam konteks remote sensing, diksi yang digunakan adalah saluran atau band.

Commented [L12]: Bagaimana cara ujinya?

dilakukan merupakan analisis data statistik berupa regresi linier sederhana untuk melihat bagaimana hubungan yang terjadi, seberapa besar hubungan yang ada dan bagaimana pola hubungan tersebut.

Unit contoh yang dianalisis merupakan nilai pixel dari setiap kelas indeks vegetasi (NDVI) yang dihasilkan yaitu berupa nilai suhu permukaan dan nilai indeks vegetasi. Pemilihan unit contoh untuk setiap nilai piksel dilakukan secara *Random Sampling*. Jumlah contoh (n) dalam penelitian yang bersifat korelasional sampel minimum yang dapat digunakan adalah 30 unit.

3. Hasil dan Pembahasan

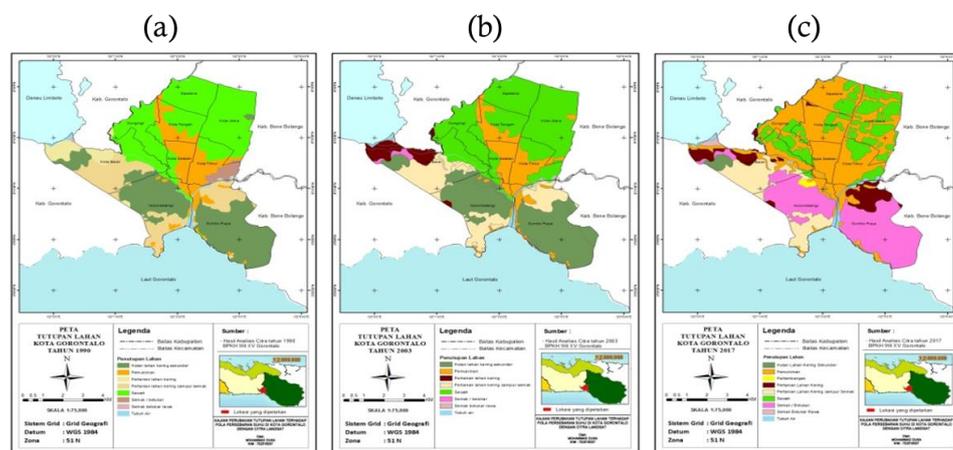
3.1. Penutupan Lahan Kota Gorontalo

Luas tutupan lahan di Kota Gorontalo pada tahun 1990 sebesar 6.699,89 ha dengan luasan tutupan terbesar adalah sawah dan hutan lahan kering sekunder dengan masing-masing luas sebesar 2.471,60 ha dan 1.873,98 ha. Luas pertanian lahan kering campur semak sebesar 990,47 ha. Lahan pemukiman luasnya 870,25 ha. Pertanian lahan kering luasnya sebesar 870,25 ha, semak/belukar luasnya 124,54 ha dan tubuh air luasnya 16,96 ha. Tipe tutupan lahan dengan luas tutupan kecil adalah semak belukar rawa dengan luas 5,25 ha. Pada Tahun 2003 dan Tahun 2017, terjadi perubahan luasan tutupan lahan. Perubahan yang signifikan terjadi pada luas hutan lahan kering sekunder dan pemukiman. Luas hutan pada Tahun 2003 sebesar 1814,77 ha menurun hingga 86,14 ha di Tahun 2017. Luas lahan pemukiman pada Tahun 2003 sebesar 896,89 ha meningkat menjadi 2426,99 ha pada Tahun 2017 (lihat Tabel 2). Peta Penutupan Lahan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Luas penutupan lahan di Kota Gorontalo kualitatif/analisis visual data citra landsat tahun 1990

Tipe tutupan lahan	Luas (ha)		
	1990	2003	2017
Hutan lahan kering sekunder	1873.98	1814.77	86.14
Pemukiman	870.25	896.89	2426.99
Pertambangan	-	-	28.32
Pertanian lahan kering	270.04	270.04	431.12
Pertanian lahan kering campur semak	990.47	984.40	703.79
Sawah	2471.60	2592.96	1181.44
Semak / belukar	124.54	41.81	1694.11
Semak belukar rawa	5.25	5.25	30.80
Tubuh Air	93.76	93.76	117.17
Total	6699.89	6699.89	6699.89

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003 dan 2017



Gambar 2. Peta penutupan lahan di Kota Gorontalo. (a) tahun 1990; (b) tahun 2003; (c) tahun 2017

Perubahan luasan yang terjadi tidak selalu disebabkan oleh adanya konversi lahan dari hutan atau kebun campuran, tetapi juga dipengaruhi oleh pola tanam yang berubah-ubah. Luasan yang tidak tetap

Commented [L13]: Inkonsistensi penutupan lahan, tutupan lahan, ataupun penutup lahan

Formatted: Highlight

Commented [L14]: Sebaiknya dituliskan dampak dari perubahan penggunaan lahan dibandingkan dengan menuliskan angka2 yang ada di dalam tabel.

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [L15]: Cek hasil interpretasi

Formatted: Highlight

Commented [L16]: Analisis multitemporal, pada bagian pendahuluan dan metode tidak disebutkan sebelumnya. Apabila menggunakan multitemporal silahkan dituliskan di pendahuluan, tinjauan pustaka, hingga metode penelitian.

Commented [L17]: Apakah bisa dijelaskan lebih detail terkait dengan luas lahan berubah karena pola tanam?

namun relatif berkurang dari tahun ke tahun adalah luasan pada penutupan lahan hutan, walaupun secara tepat tidak dapat memperkirakan perubahan luasan yang terjadi karena adanya tutupan awan di sekitar kawasan. Beberapa wilayah berhutan di daerah pegunungan dan sekitarnya pada wilayah tropis seringkali menjadi wilayah yang tertutup awan pada data penginderaan jauh optis. Keberadaan awan menyebabkan panjang gelombang tidak sampai ke objek/permukaan bumi tetapi langsung dipantulkan oleh awan tersebut sehingga data yang terekam berupa awan yang berwarna keputihan dan permukaan bumi terhalang.

Selain itu, luas lahan perubahan penggunaan lahan di Kota Gorontalo banyak disebabkan karena semakin bertambahnya penduduk memerlukan lahan untuk tempat tinggal sehingga banyak lahan yang digunakan untuk permukiman. Pertambahan jumlah penduduk merupakan faktor utama dalam mendorong peningkatan lahan kawasan terbangun (Nurhayati, 2016). Dalam pengklasifikasiannya, lahan terbangun meliputi pemukiman, pusat pemerintahan, area perdagangan dan jasa, kawasan industri dan jalan raya. Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk perkotaan di Indonesia, memberikan konsekuensi meningkatnya permintaan sarana dan prasarana kota (Iriyanto, 2008). Perkembangan cepat suatu kota dipastikan menyebabkan terjadinya perubahan pemanfaatan ruang. Hal ini dikarenakan tanah merupakan sumber daya yang terbatas. Dengan demikian, cepat atau lambat, dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan urbanisasi, berbagai penggunaan lahan di perkotaan akan mulai saling bertentangan.

Selanjutnya pada kawasan sawah mengalami perubahan luas, dari periode tahun 1990 sampai dengan tahun 2017, luas persawahan di Kota Gorontalo mengalami penurunan luas sebesar 1290,15 ha. Hal ini merupakan imbas dari peningkatan jumlah penduduk, aktivitas dan proses pembangunan. Konversi lahan merupakan konsekuensi logis dari peningkatan aktivitas dan jumlah penduduk serta proses pembangunan lainnya. Konversi lahan pada tahap tertentu wajar terjadi, namun pada sisi lain jika tidak dikendalikan maka akan semakin bermasalah karena umumnya alih fungsi terjadi di atas lahan pertanian yang masih produktif (Arsyad & Rustiyati, 2008; Budi, 2015).

3.2. Distribusi Suhu Permukaan di Kota Gorontalo

3.2.1. Distribusi suhu permukaan tahun 1990

Pada Tahun 1990, distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 15-15.9 °C dengan luas 1852,25 ha. Kondisi tersebut tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Dungingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan hasil layout antara peta administratif Kota Gorontalo dan peta distribusi suhu permukaan pada tahun 1990 terlihat bahwa suhu permukaan yang relatif rendah (suhu permukaan < 8 °C) yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya. Sedangkan suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 20 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Hasil interpretasi terhadap citra landsat diperoleh persebaran suhu di Kota Gorontalo seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo
Luas kecamatan (Ha)

Kelas suhu	Dumbo Raya	Dungingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 8	7.18								
8 - 8.9	31.66								
9 - 9.9	25.43								
10 - 10.9	27.31			10.15					
11 - 11.9	28.97		1.98	172.54					
12 - 12.9	41.80	0.63	20.33	205.49		2.66		1.80	1.27
13 - 13.9	69.14	33.48	123.59	194.30		58.20		119.30	88.04
14 - 14.9	80.37	95.80	82.67	129.97		72.46	0.12	144.36	54.19
15 - 15.9	347.29	262.03	226.65	232.84	9.71	191.31	78.67	326.89	176.86
16 - 16.9	313.13	57.96	227.65	107.60	28.43	97.89	49.10	127.77	121.95
17 - 17.9	260.40	13.09	184.20	68.95	55.64	38.41	73.44	29.96	23.36
18 - 18.9	160.42	1.63	134.57	25.36	63.98	19.52	147.20	20.68	1.66

Commented [L18]: Maksudnya bagaimana? Apabila mempunyai sistem klasifikasi yang tepat maka akan diketahui bahwa awan itu dikeluarkan dari kelas.

Commented [L19]: Sebaiknya dipindahkan di pendahuluan

Commented [L20]: sda

Commented [L21]: mengapa kelasnya harus dibedakan setiap 1 derajat? Apa efek dari pengelompokan 1 derajat tsb terhadap heat island?

Formatted: Highlight

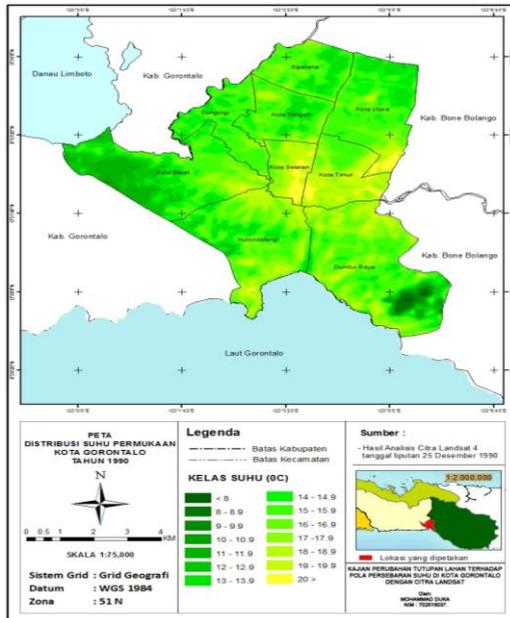
19 - 19.9	38.84	48.49	14.96	65.99	3.32	120.55	33.24
20 >	1.23	3.57	2.42	58.03		43.91	33.83

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight



Gambar 3. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 1990

Commented [L22]: Komentar peta, lihat diatas

3.2.2. Distribusi suhu permukaan tahun 2003

Pada tahun 2003, distribusi suhu permukaan yang relatif rendah adalah suhu permukaan <12 °C yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Duingingi dan Kecamatan Kota Barat. Suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 21 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Distribusi suhu permukaan di wilayah kecamatan yang terdapat di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 14-14.9 °C dengan luas 1912,29 ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan wilayah administrasi, distribusi kelas suhu tertinggi yaitu terdapat di wilayah Kecamatan Kota Barat dengan luas distribusi suhu permukaan sebesar 1164,80 ha. Sedangkan wilayah Kota Gorontalo dengan luas distribusi suhu permukaan rendah adalah Kecamatan Kota Tengah dengan luas sebesar 281,77 ha. Distribusi suhu di Kota Gorontalo menurut kecamatan ditunjukkan pada Tabel 4. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 4. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2003

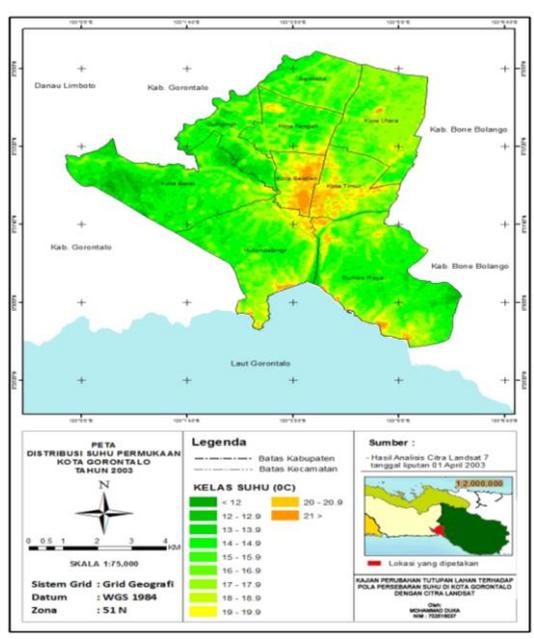
Formatted: Highlight

Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)								
	Dumbo Raya	Duingingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 8	7.18								
8 - 8.9	31.66								
9 - 9.9	25.43								
10 - 10.9	27.31			10.15					
11 - 11.9	28.97		1.98	172.54					
12 - 12.9	41.80	0.63	20.33	205.49		2.66		1.80	1.27
13 - 13.9	69.14	33.48	123.59	194.30		58.20		119.30	88.04

Formatted: Highlight

14 - 14.9	80.37	95.80	82.67	129.97		72.46	0.12	144.36	54.19
15 - 15.9	347.29	262.03	226.65	232.84	9.71	191.31	78.67	326.89	176.86
16 - 16.9	313.13	57.96	227.65	107.60	28.43	97.89	49.10	127.77	121.95
17 - 17.9	260.40	13.09	184.20	68.95	55.64	38.41	73.44	29.96	23.36
18 - 18.9	160.42	1.63	134.57	25.36	63.98	19.52	147.20	20.68	1.66
19 - 19.9	38.84		48.49	14.96	65.99	3.32	120.55	33.24	
20 >	1.23		3.57	2.42	58.03		43.91	33.83	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 2003



Gambar 4. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 2003

3.2.3. Distribusi suhu permukaan Tahun 2017

Pada tahun 2017 suhu permukaan yang relatif rendah adalah suhu permukaan <12 °C yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Duingingi dan Kecamatan Kota Barat. Suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 21 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 14-14.9 °C dengan luas 1912,29 ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan wilayah administrasi, distribusi kelas suhu tertinggi terdapat di wilayah Kecamatan Kota Barat dengan luas distribusi suhu permukaan sebesar 1164,80 ha. Wilayah Kota Gorontalo dengan luas distribusi suhu permukaan rendah adalah Kecamatan Kota Tengah dengan luas sebesar 281,77 ha.

Tabel 5. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2017

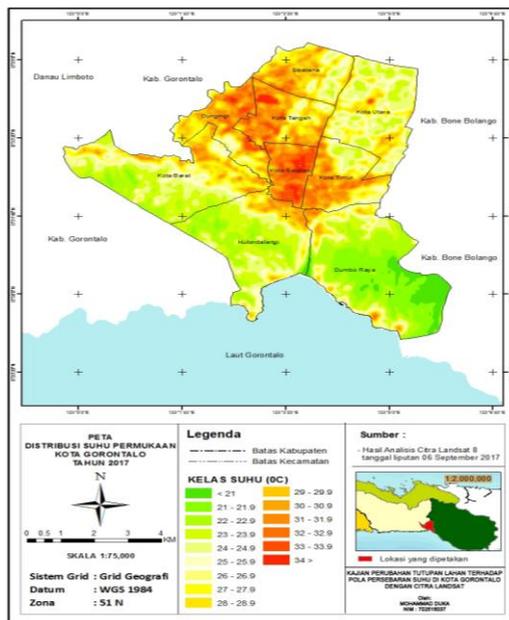
Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)								
	Dumbo Raya	Duingingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 12	3.86	1.25		23.49					
12 - 12.9	17.51	28.90	1.11	95.19		0.09			2.29
13 - 13.9	76.86	81.84	41.71	244.52	0.12	6.75	0.02	0.06	21.70

- Formatted: Highlight

- Formatted: Highlight
- Formatted: Highlight
- Formatted: Highlight

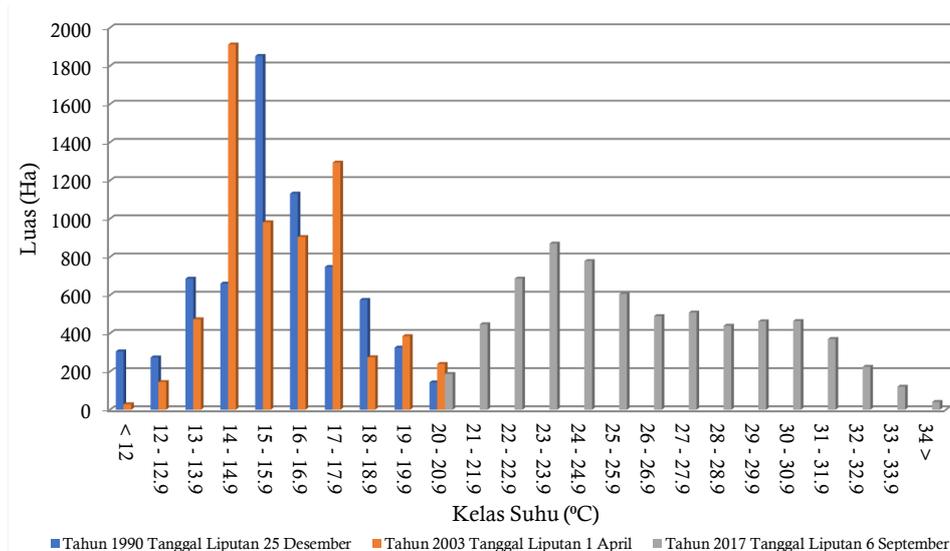
14 - 14.9	555.24	177.83	338.39	512.74	6.68	140.17	9.02	60.04	112.17
15 - 15.9	240.40	65.69	177.31	129.92	7.83	107.74	39.06	103.69	109.63
16 - 16.9	168.54	56.67	142.60	70.83	11.90	77.78	83.52	177.76	114.40
17 - 17.9	200.66	44.53	193.57	68.85	41.37	90.41	134.68	415.05	104.74
18 - 18.9	52.45	5.11	54.54	10.96	23.23	21.44	46.97	46.99	13.00
19 - 19.9	64.31	1.82	72.02	7.24	68.69	31.05	110.35	27.27	2.52
20 - 20.9	37.01	0.00	25.33	0.78	82.75	7.34	81.83	4.68	
21 >	8.25		3.96	0.27	39.20		7.47	2.23	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 2017



Gambar 5. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 2017

Hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2003 suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara $<12^{\circ}\text{C}$ – $>21^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada periode tahun 2017 hasil citra landsat suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara $<21^{\circ}\text{C}$ – 34°C . Distribusi suhu permukaan hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2017 disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo periode tahun 1990 – 2017

3.3. Rata-Rata Suhu Permukaan Tiap Tipe Tutupan Lahan

Rata-rata suhu permukaan terendah terdapat pada kelas tutupan semak belukar, rawa dan hutan lahan kering sekunder. Suhu permukaan yang tertinggi terdapat pada kelas tutupan lahan pertambangan dan pemukiman. Perbandingan diantara suhu permukaan pada lahan pemukiman dan pertambangan dengan tutupan lahan lainnya menunjukkan selisih yang besar. Hal ini disebabkan energi yang terpancar dan terekam oleh sensor satelit pada lahan pemukiman dan pertambangan lebih besar dibandingkan tutupan lahan lainnya. Rata-rata suhu permukaan pada masing-masing tutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata suhu permukaan berdasarkan tutupan lahan pada periode tahun 1990-2017

No	Jenis tutupan	Suh rata-rata (°C)		
		Tahun 1990	Tahun 2003	Tahun 2017
1	Hutan lahan kering sekunder	18.02	27.12	23.69
2	Pemukiman	23.5	27.46	28.42
3	Pertanian lahan kering	21.63	20.76	27.2
4	Pertanian lahan kering campur semak	25.6	27.64	27.04
5	Sawah	26.63	27.27	27.74
6	Semak / belukar	26.38	23.47	27.36
7	Semak belukar rawa	17.5	19.08	26.64
8	Tubuh Air	21.53	22.63	18.86
9	Pertambangan			28.87

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003, 2017

3.4. Hubungan Antara Tipe Penutupan Lahan dan Perubahan Suhu Permukaan

Karakteristik vegetasi dapat dijelaskan melalui nilai indeks vegetasi (NDVI). Nilai NDVI yang dihasilkan dari data citra Landsat dapat menggambarkan kerapatan vegetasi suatu wilayah (Sobrino et al., 2004). Nilai NDVI hasil ekstraksi data citra Landsat dapat merepresentasikan distribusivegetasi dan memetakannya berdasarkan pola karakteristik reflektansi kloroferserta perbedaan jumlah vegetasi (Affan, 2002). Menurut (Sobrino et al., 2004) reflektansi radiasi matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang mengenai pepohonan dipengaruhi oleh karakteristik tajuk yang berupa kerapatan tajuk, ketebalan tajuk dan persentase kerapatan kanopinya.

Hasil analisis dengan menggunakan koefisien korelasi antara suhu permukaan dan nilai NDVI menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara suhu permukaan dan indeks vegetasi. Hasil

Commented [L23]: Komentar terkait dengan suhu, lihat komentar sebelumnya

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Formatted: Highlight

Commented [L24]: Mengapa nilai suhu dari 2003-2007 ada yang berubah drastis, mohon dijelaskan di pembahasan dan diskusi.

Commented [L25]: Yang bisa dijelaskan oleh indeks vegetasi adalah KERAPATAN bukan karakteristik.

Commented [L26]: Yang dituiskan di pembahasan seharusnya hasil transformasi NDVI dan keterkaitan dengan dinamika vegetasi yang ada dengan data multitemporal.

perhitungan menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0.141$ untuk tahun 1990, $r = -0.448$ untuk tahun 2003 dan $r = -0.402$ untuk tahun 2017. Tanda negatif menunjukkan suatu hubungan dengan arah yang berlawanan atau setiap kenaikan nilai indeks vegetasi terjadi penurunan nilai suhu permukaan. Besarnya penurunan suhu permukaan tersebut secara sederhana dinyatakan dalam persamaan regresi linier yaitu :

1. Tahun 1990 : Suhu = $15.82 - 2.01 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,019$)
2. Tahun 2003 : Suhu = $24.982 - 3.793 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,020$)
3. Tahun 2017 : Suhu = $28.002 - 8.579 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,16.1$)

Berdasarkan hasil uji korelasi antara NDVI dan suhu permukaan terlihat hubungan korelasi negatif hanyaberada pada nilai-nilai NDVI diatas nol, pada nilai NDVI dibawah nol (angkanegatif) suhu cenderung menurun. Hal ini dikarenakan nilai NDVI dibawah nol sampai dengan -1 umumnya menunjukkan tutupan badan air yang umumnya jugamemiliki suhu permukaan yang relatif rendah. Nilai NDVI yang mendekati 0 pada umumnya merupakan tutupan lahan terbangun atau lahan terbuka yang memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi. Nilai R^2 merupakan nilai koefisien determinasi yang menyatakan besarnya persentase nilai suhu permukaan yang dapat dijelaskan oleh nilai NDVI dan sisanya dijelaskan oleh faktor lain yang tidak terdapat pada model.

Nilai koefisien determinasi yang terus mengalami penurunan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 dapat menunjukkan peran vegetasi yang semakin menurun terhadap besarnya suhu permukaan. Salah satu hal yang mempengaruhi penurunan peran vegetasi terhadap besarnya suhu permukaan adalah adanya perubahan tutupan lahan. Sebagaimana hasil analisis tutupan lahan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan yang semula berupa hutan, kebun campuran, dan semak menjadi lahan-lahan pertanian serta perubahan lahan-lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun (Gambar 2).

Hasil analisis antara data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan pada tahun 1990, 2003 dan 2017 secara umum menunjukkan adanya perbedaan nilai suhu permukaan pada setiap tutupan lahan serta menunjukkan adanya peningkatan suhu pada ketiga tahun tersebut. Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh kesuatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naik turunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya, semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat (Adiningsih et al., 2001).

Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh ke suatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naik turunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya, semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat.

Vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari untuk melakukan metabolisme dalam dirinya sehingga dapat menurunkan suhu. Fotosintesis yang merupakan proses pada tumbuhan ditentukan oleh energi yang bersumber dari sinar matahari. Fotosintesis mengikat energi surya menjadi energi dalam bentuk bahan kimia kaya energi yang dapat menjadi sumber makanan makhluk hidup. Proses fotosintesis secara simultan terjadi dengan proses transpirasi pada tumbuhan yang juga dapat menurunkan suhu.

Commented [L27]: Nilai berapa dikatakan bahwa korelasi itu kuat? Dan pada nilai berapa dikatakan bahwa "tidak ada korelasi"

Commented [L28]: Maksudnya koefisien determinasi? Digunakan untuk apa dan bagaimana penerapan terhadap penelitian ini

Formatted: Highlight

Saat transpirasi, terjadi penguapan air melalui pori-pori daun dan cabang tanaman. Besarnya transpirasi dalam batastertentu dipengaruhi oleh karakteristik dan kerapatan vegetasi seperti struktur tajuk, perilaku pori-pori daun dan sebagainya (Asdak, 2014).

Hasil analisis hubungan suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan lahan bervegetasi terutama hutan memiliki suhu yang relatif lebih rendah jika dibandingkan lahan terbangun. Kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari lebih baik jika dibandingkan dengan lahan terbangun. Struktur vegetasi juga berpengaruh terhadap kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari. Jenis vegetasi tertentu dengan struktur yang rapat seperti pohon yang memiliki lapisan tajuk dengan banyak daun, ranting dan cabang menawarkan manfaat yang lebih besar karena dapat mengurangi radiasi yang ditransmisikan secara terus menerus (Armson, 2012). Pohon juga menawarkan efek peneduhan dari fungsi pembayangan. (Purnomohadi, 1995) dan (Wonohardjo, 2010) juga menyimpulkan bahwa vegetasi pohon berpengaruh positif terhadap fungsi ameliorasi suhu, baik melalui evapotranspirasi, refleksi matahari yang tinggi serta efek pembayangan permukaan di bawah kanopi. Penanaman sekelompok pepohonan yang berkerapatan tinggi merupakan perlindungan dalam mengurangi temperatur yang tinggi pada siang hari (Fandely & Muhamad, 2009).

4. Kesimpulan

Trend perubahan suhu permukaan yang terjadi di Kota Gorontalo yaitu suhu permukaan di Kota Gorontalo periode 1990, 2003 dan 2017 mengalami peningkatan. Peningkatan suhu permukaan terjadi pada tutupan vegetasi yang telah mengalami perubahan luas. Kelas suhu permukaan rendah mengalami penurunan luas dari tiga tahun peliputan dan mengalami peningkatan perubahan luas penutupan pada lahan dengan kelas suhu permukaan tinggi, dengan pola distribusi suhu permukaan yang berbeda pada masing-masing wilayah yang berada di Kota Gorontalo.

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan bahwa vegetasi hutan memiliki suhu permukaan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan lahan terbangun, serta suhu permukaan pada setiap vegetasi berbeda bergantung pada karakteristik vegetasi yang ditunjukkan oleh hubungan nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan yang menunjukkan korelasi negatif dengan nilai berturut-turut pada tahun 1990, 2003 dan 2017 sebesar -0.141, -0.448 dan -0.402. Perubahan suhu permukaan di Kota Gorontalo dipengaruhi oleh adanya perubahan tutupan lahan yang ditandai oleh kesamaan pola perubahandistribusi suhu permukaan dengan pola perubahan tutupan lahan.

5. Referensi

- Adiningsih, E. S., Soenarmo, S. H., & Mujiasih. (2001). Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. Studi Kasus Cekungan Bandung. *Jurnal Lapan*.
- Affan, M. J. (2002). *Penilaian Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan Berdasarkan Indeks Vegetasi dan KDBI*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB.
- Armson, D. (2012). *The Effect of Trees and Grass on the Thermal and Hydrological performance of an urban area*. University of Manchester.
- Arsyad, S., & Rustiyati. (2008). *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Jakarta: Crespent Press dan Yayasan Obor Indonesia.
- Bappeda Kota Gorontalo. (2010). *Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Kota Gorontalo Tahun 2010*. Gorontalo: Bappeda Kota Gorontalo.
- BPS Kota Gorontalo. (2014). *Kota Gorontalo Dalam Angka Tahun 2014*. 2014: BPS Kota Gorontalo.
- Budi, P. R. (2015). *Alih Fungsi Lahan Di Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Bandung Dan Yogyakarta)*. Yogyakarta: Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI).
- Fandely, C., & Muhamad. (2009). *Prinsip-prinsip Dasar Mengkonservasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fawzi, N. I. (2013). *Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta – Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Iriyanto, S. (2008). *Analisis Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) Kota Liwa Kabupaten Lampung Barat dan Arah Kebijakan Pembangunan Kota Liwa Pada Era Otonomi Daerah (Studi Kasus P3KT: Komponen Air Bersih)*. Jakarta: Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Jaya, I. (2010). *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan; Fakultas Kehutanan IPB.
- Jaya, I. S. (2006). *Fotogrametri dan penafsiran potret udara di bidang Kehutanan*. Bogor: Laboratorium Fisik Remote Sensing dan GIS. Fakultas Kehutanan, IPB.

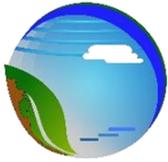
Commented [L29]: Pembahasan seharusnya berisi terkait dengan hasil penelitian, kekurangan, dan kelebihan jika dibandingkan dengan penelitian yang lain.

Yang dituliskan bisa dimasukkan ke landasan teori

Commented [L30]: Mohon kesimpulan disesuaikan

Last name 1 et al. / Jambura Geoscience Review (xxxx) x (x): pp-pp

- Nurhayati. (2016). *Analisis Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Di Kabupaten Majalengka*. Tesis. Program Studi Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Padjajaran. Bandung: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Padjajaran.
- Purnomohadi, S. (1995). *Peran Ruang Terbuka Hijau dalam Pengendalian Kualitas Udara di DKI Jakarta*. Bogor: IPB Bogor.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., & Paolini. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environmental*, 434-440.
- Sugini. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang; Konsep dan Penerapan pada Desain*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wonohardjo, S. (2010). *Pengaruh Karakteristik Fisik Terhadap Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Kawasan Kota Bandung*. . Bandung: Program Studi Arsitektur Institut Teknologi Bandung.



Jambura Geoscience Review

Editorial Office: Department of Earth Science and Technology, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No.6, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo 96128, Indonesia, Tel. +62-822-59506768, +62-822-92284121, E-mail: geosrev@ung.ac.id

REVIEW NOTES

Manuscript Title: PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO

Manuscript ID : _____

1. Impact on science and technology:

- Give a new theory base
- Give new information
- Is a confirmation
- Nothing new

2. Priority for publication in Jambura Geoscience Review (JGEOSREV):

- High
- Moderate
- Low

3. Comments

No.	Object	Comments
1.	<i>Title</i>	PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO
2.	<i>Abstract</i>	Abstrak masih kurang menggambarkan terkait dengan topik penelitian
3.	<i>Introduction</i>	Perlu ditambahkan literatur tambahan
4.	<i>Methodology</i>	Belum dijelaskan analisis multitemporal

INDEXED BY:





Jambura Geoscience Review

Editorial Office: Department of Earth Science and Technology, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No.6, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo 96128, Indonesia, Tel. +62-822-59506768, +62-822-92284121, E-mail: geosrev@ung.ac.id

No.	Object	Comments
5.	<i>Results and Discussion</i>	Hasil penelitian masih belum dirangkum dan dibandingkan dengan penelitian yang lain. Hasil penelitian masih terkait dengan menjelaskan atau menuliskan kembali angka2 yang ditulis pada tabel
6.	<i>Conclusion</i>	Masih perlu dirangkum dan disesuaikan
7.	<i>References</i>	Ada beberapa yang belum masuk ke dalam daftar pustaka
8.	<i>Special Notes</i>	

Type equation here.

SUBMISSION DECISION*

Accepted

Accepted with some revision by editorial board

Accepted with some revision by authors

Rejected

* Please fill/mark the form

INDEXED BY:





Jambura Geoscience Review

Editorial Office: Department of Earth Science and Technology, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jenderal Sudirman No.6, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo 96128, Indonesia, Tel. +62-822-59506768, +62-822-92284121, E-mail: geosrev@ung.ac.id

[Signature]

[Print Name & Title]

[Date of Execution]

INDEXED BY:





Fityane Lihawa <fityane.lihawa@ung.ac.id>

HASIL REVIEW KEDUA ARTIKEL JGEOSREV

Jambura Geoscience Review <geosrev@ung.ac.id>

7 November 2019 10.25

Kepada: fityane.lihawa@ung.ac.id, mohammad.duka@yahoo.com

Dear. Mohammad Duka

Kami telah menerima hasil telaahan (review) kedua atas naskah dengan ID **JGEOSREV-2682** dari reviewer pertama (terlampir). **Hanya ada beberapa salah ketik, mohon dicek kembali.** Dimohon revisi naskah yang telah diperbaiki diberi mark bagian yang sudah dilakukan revisi (**misal. warna kuning**). Agar reviewer mudah mengecek kembali bagian-bagian yang diperbaiki. Hasil perbaikan harap segera diperbaiki dan dikirim kembali kepada kami dalam waktu **kurang dari 3 hari**, paling lambat **10 November 2019**. Mohon untuk dapat dikirimkan sesuai tanggal deadline melalui **email: geosrev@ung.ac.id**, agar naskah saudara dapat diproses lebih lanjut.

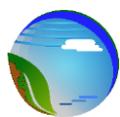
Terima kasih atas kerjasamanya

**Hormat Kami,
Dewan Redaksi
Jambura Geoscience Review (JGEOSREV)**

Kota Gorontalo 96128 - Indonesia

Website: <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jgeosrev/index>

 **ID JGEOSREV-2682.docx**
1663K



PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP POLA PERSEBARAN SUHU DI KOTA GORONTALO

Mohammad Duka^a, Firyane Lihawa^a, Sukirman Rahim^a

^aProgram Studi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Program Pasca Sarjana Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo, Indonesia 96128

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima:
Disetujui:
Tersedia online:

Kata kunci:

Tutupan Lahan; Persebaran Suhu; Kota Gorontalo

Penulis korespondensi:

Firyane Lihawa
Program Studi Kependudukan dan
Lingkungan Hidup Program Pasca
Sarjana Universitas Negeri Gorontalo
Email : mohammad.duka@yahoo.com

ABSTRACT

Gorontalo City is one of the regions in Gorontalo Province. Urban development and population growth, causing pressure on land use patterns. Changes in land use are carried out to meet the community's needs for infrastructure. At present, development in Gorontalo City is still ongoing. The increase in temperature is expected to continue and can trigger heat island. This is very important to be studied for the Gorontalo City development planning that is more environmentally friendly. This study aims to analyze the heat island phenomenon through the relationship of the spatial distribution of surface temperature with various types of land cover and vegetation characteristics. The object of this research is the Gorontalo City area on Landsat path-row 121-65 satellite imagery media. The research material is the wavelength of visible light, near-infrared and moderate infrared and thermal wavelengths on satellite imagery of Landsat TM and OLI TIRS. The results showed an increase in temperature in Gorontalo City since 1990, 2003, and 2017. The correlation between surface temperature and land cover is negative. The value of the correlation coefficient (r) in 1990 was -0.41. The correlation coefficient (r) in 2003 was -0.448. The correlation coefficient (r) in 2017 is -0.402. Changes in surface temperature in Gorontalo City are influenced by changes in the land cover which is marked by the similarity of patterns of changes in surface temperature distribution with patterns of land cover changes.

Copyright © 2020 JGEOSREV-UNG
This open access article is distributed under a
Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 International license

1. Pendahuluan

Lajunya pembangunan di masa sekarang ini menjadi indikator kemajuan suatu daerah sehingga pemerintah berupaya mendukung pembangunan disemua aspek. Di sisi lain pembangunan berdampak pada perubahan kualitas lingkungan. Perubahan tutupan lahan dari yang bervegetasi menjadi ruang terbuka atau material buatan seperti beton dan aspal dapat mengakibatkan perubahan kualitas lingkungan. Banyaknya material buatan, dapat meningkatkan radiasi matahari terperangkap sehingga suhu disekitarnya semakin tinggi. Tutupan vegetasi mampu menurunkan suhu melalui proses evaporasi dan transpirasi (evapotranspirasi) serta peneduhan. Pada peristiwa evaporasi, akar tanaman menyerap air dan tanah kemudian air tersebut dibawah ke daun. Selanjutnya pada proses transpirasi terjadi konversi air menjadi gas. Evapotranspirasi dapat mendinginkan udara disekitarnya karena terdapat penyerapan panas saat terjadi evaporasi. Vegetasi menjadi salah satu aspek yang penting untuk dipertimbangkan pada perencanaan kota terkait isu-isu penurunan kualitas lingkungan meliputi tanah, air, udara dan cuaca kota (Fawzi, 2013).

Pola suatu daerah memiliki suhu yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu sekitarnya disebut dengan fenomena *heat island* (US Environmental Protection Agency, 2012). Perubahan unsur iklim yang terjadi adalah suhu, kecepatan angin, radiasi dan awan. Dari empat unsur tersebut yang dapat dirasakan langsung oleh makhluk hidup adalah perubahan suhu. Dengan adanya peningkatan suhu udara akan mengurangi kenyamanan kejadian ini banyak terjadi didaerah perkotaan dan pinggiran kota

yang mengalami banyak perkembangan jika dibandingkan dengan lingkungan pedesaan yang terpencil oleh karena itu lebih dikenal dengan *urban heat island*. Pulau panas dapat disebabkan oleh beberapa factor yaitu bahan permukaan, variasi bentuk dan orientasi sebuah kota dan aktivitas manusia (Kong et al., 2014; Fawzi, 2013)

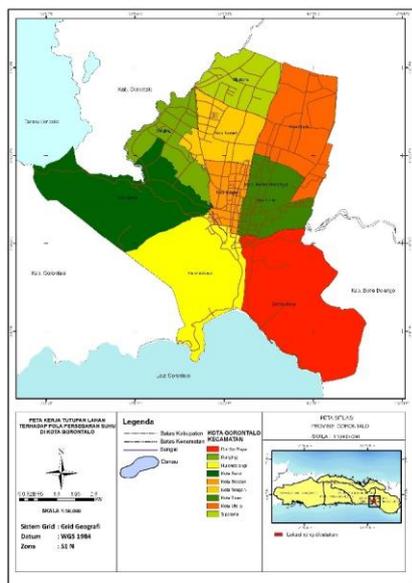
Kota Gorontalo merupakan salah satu wilayah dari Provinsi Gorontalo dengan luas wilayah 64,79 Km² atau sekitar 0,53% dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo merupakan salah satu kota yang sedang mengalami dinamika pembangunan yang pesat karena adanya pembangunan infrastruktur. Secara teknis hal tersebut telah menarik minat investor untuk membangun usaha di Kota Gorontalo sebagai tujuan utama investasi (BAPPEDA Kota Gorontalo, 2010). Dengan lajunya pembangunan di Kota Gorontalo, menyebabkan terjadi perubahan tutupan lahan. Tatura (2010) menjelaskan bahwa terjadi perubahan tutupan lahan di Kota Gorontalo. Pada Tahun 2000, luas lahan pemukiman adalah 1166 Ha meningkat menjadi 1608 Ha. Perubahan tutupan lahan tersebut memicu terjadinya peningkatan suhu di Kota Gorontalo. Secara umum, suhu udara di Gorontalo rata-rata pada siang hari 32 °C, sedangkan pada malam hari 23 °C. Kondisi ini menunjukkan suhu di Kota Gorontalo relatif tinggi. Saat ini pembangunan di wilayah utara Kota Gorontalo masih terus berlangsung. Peningkatan suhu diperkirakan akan terus terjadi dan dapat memicu terjadinya *heat island*. Pembangunan infrastruktur dan fasilitas dalam menunjang kegiatan perekonomian tidak dapat dihindarkan. Perencanaan tata ruang wilayah di Kota Gorontalo diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang berkelanjutan salah satunya melalui perencanaan ruang terbuka hijau.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka penting untuk mengkaji perubahan suhu di Kota Gorontalo. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola distribusi suhu permukaan, trend peningkatan suhu permukaan dan hubungan antara tipe penutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Gorontalo.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Gorontalo. Luas wilayah Kota Gorontalo adalah 6699,8 ha atau 0,65 persen dari luas Provinsi Gorontalo. Kota Gorontalo terdiri dari 9 kecamatan dan 50 kelurahan. Secara astronomis, Kota Gorontalo terletak antara 00°28'17" - 00°35'56" LU dan antara 122°59'44" - 123°05'59" BT. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Metode Penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dan kemudian dianalisis secara deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menginterpretasikan data tekstual dan data gambar yang dihasilkan dari proses pengumpulan dan pengolahan data suhu permukaan. Variabel dalam penelitian ini adalah perubahan tutupan lahan dan suhu permukaan.

Objek penelitian ini adalah wilayah Kota Gorontalo pada media citra satelit Landsat path-row 121-65. Bahan yang digunakan adalah panjang gelombang sinar tampak, inframerah dekat dan inframerah sedang serta panjang gelombang thermal pada Citra satelit Landsat TM dan OLI TIRS. Data citra satelit Landsat belum dapat memberikan informasi yang dibutuhkan terkait dengan penelitian ini sehingga membutuhkan proses lebih lanjut untuk memperoleh data melalui proses klasifikasi citra. Proses klasifikasi berdasarkan tekniknya dibedakan atas klasifikasi manual/kualitatif dan klasifikasi kuantitatif. Pada klasifikasi kualitatif, pengelompokan piksel ke dalam suatu kelas dilakukan oleh interpreter secara manual berdasarkan elemen-elemen dasar yang mencakup warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, bayangan, lokasi dan asosiasi. Klasifikasi secara kualitatif lebih dikenal dengan analisis visual atau interpretasi citra. Mengenali objek merupakan kunci keberhasilan dalam interpretasi untuk mendapatkan informasi. Pada klasifikasi secara kuantitatif pengelompokan dilakukan secara otomatis oleh komputer berdasarkan nilai kecerahan (digital number/DN) dari contoh yang diambil sebagai area contoh (Jaya, 2006). Dalam penelitian ini dilakukan klasifikasi secara kualitatif.

Selain kegiatan klasifikasi dilakukan konversi data untuk memperoleh data suhu dengan melakukan analisis suhu permukaan/land surface temperature (LST) dengan menggunakan panjang gelombang thermal pada citra Landsat. Data yang dihasilkan dari proses klasifikasi dan konversi berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif yang dihasilkan yaitu data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan. Data kualitatif yang dihasilkan berupa visualisasi atau gambaran sebaran suhu permukaan, kerapatan vegetasi serta jenis tutupan lahan. Pengumpulan data lain dilakukan melalui studi literatur dan survey dari berbagai instansi terkait. Data-data tersebut menjadi bahan yang siap dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3. Analisis Data

Tahap awal analisis, dilakukan perbaikan terhadap data citra satelit yaitu berupa koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Perbaikan radiometrik dilakukan dengan proses penajaman kontras untuk interpretasi citra. Koreksi geometrik dilakukan dengan proses memberikan koordinat peta pada citra sesuai dengan sistem proyeksi yang digunakan.

Untuk memperoleh nilai suhu permukaan dilakukan konversi nilai digital pada panjang gelombang thermal menjadi data suhu.

2.3.1. Konversi data thermal untuk perolehan data suhu permukaan

1. Konversi Digital Number (DN) menjadi spectral Radiance (L_λ)

a. Citra landsat TM

$$L_\lambda = \text{Grescale} * \text{Qcal} + \text{Brescale} \quad (1)$$

Persemaian tersebut merupakan penyederhanaan dari:

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{QCal_{\max} - QCal_{\min}} * (QCal - QCal_{\min}) + L_{\min} \quad (2)$$

dimana : L_λ adalah radiasi spektral; Qcal adalah *digital number* pada panjang gelombang *thermal*; L_{\min} adalah radiasi spektral pada skala $Qcal_{\min}$; L_{\max} adalah radiasi spektral pada skala $Qcal_{\max}$; $Qcal_{\max}$ adalah nilai maksimum terkuantifikasi dari *pixel* terkalibrasi; $Qcal_{\min}$: nilai minimum terkuantifikasi dari *pixel* terkalibrasi (Lillesand & Kiefer, 2000).

b. Citra Landsat OLI TIRS

$$L_\lambda = \text{ML} \text{ Qcal} + \text{AL} \quad (3)$$

dimana: L_λ adalah radiasi spektral; ML adalah *radiance mult band* (diambil dari *header file 0.0003342*); QCal adalah *digital number band thermal*; AL adalah *radiance add band* (diambil dari *header file 0.10000*) (Lillesand & Kiefer, 2000).

2. Konversi spectral radiance (L_λ) menjadi temperatur

$$T = \frac{K_2}{\ln \left(x = \frac{K_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \quad (4)$$

dimana: T adalah suhu efektif (K); K_2 adalah konstanta kalibrasi 2 (Tabel 1); K_1 adalah konstanta kalibrasi 1 (Tabel 1); L_λ adalah radiasi spektral.

Tabel 1. Nilai Konstanta kalibrasi dari *band thermal*

No	Satelit	K1 (W/(m ² ster ² µm))	K2 (Kelvin)
1	Landsat TM	607.76	1260.56
2	Landsat OLI TIRS	774.89	1321.08
		480.89	1201.14

Sumber : *Header file* pada landsat yang di gunakan

2.3.2. Klasifikasi kuantitatif untuk memperoleh data tutupan lahan

Klasifikasi kualitatif atau analisis visual dalam konteks multispektral dapat diartikan sebagai suatu proses pengelompokan pixel yang dilakukan oleh interpreter ke dalam kelas-kelas yang ditetapkan berdasarkan nilai kecerahan maupun warna dari pixel tersebut. Identifikasi objek-objek dipermukaan bumi yang tampak pada citra dengan cara mengenalinya atas dasar karakteristik spasial, spektral dan temporal. Elemen spasial dapat meliputi bentuk, ukuran, orientasi dan tekstur seperti jalan, sungai, garis pantai. Elemen temporal dapat meliputi perubahan penutupan lahan (musim, bencana alam, pertumbuhan, dan sebagainya) sedangkan elemen spektral digunakan berdasarkan pengetahuan mengenai teori reflektansi pada penginderaan jauh (Jaya, 2006).

Penafsiran citra satelit Landsat dilakukan dengan cara deliniasi dilayar komputer (*on screen digitizing*) menggunakan perangkat lunak pengolah citra dan sistem informasi geografis. Dalam melakukan interpretasi citra, untuk mengenali suatu objek digunakan 8 unsur interpretasi yaitu :

1. Rona/warna merupakan elemen interpretasi utama. Rona adalah gradasi kecerahan *relative* objek pada citra, sedangkan warna adalah perbedaan gradasi warna pada citra.
2. Tekstur merupakan perbedaan tingkat kekasaran objek yang diamati.
3. Pola adalah susunan spasial objek yang dapat dibedakan secara visual, biasanya berwujud pengulangan rona/warna atau tekstur sama yang membentuk pola tertentu.
4. Bentuk adalah kenampakan secara umum, struktur atau bagan objek dilapangan.
5. Bayangan membantu identifikasi objek, misalnya awan, pohon runcing, tajuk sedikit pada lahan terbuka dan semak berukuran tinggi.
6. Ukuran adalah fungsi skala ukuran relatif dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek dengan membandingkannya dengan objek lain.
7. Asosiasi digunakan bila beberapa objek berdekatan secara erat, masing-masing objek membantu keberadaan objek yang lain.
8. Situs, menjelaskan tentang posisi muka bumi dari citra yang diamatai dalam kaitannya dengan kenampakan disekitarnya.

Skema klasifikasi penggunaan lahan terdiri atas hutan lahan kering primer, pemukiman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, sawah, semak belukar, rawa dan tubuh air.

Setelah melakukan kegiatan interpretasi citra dilakukan pengecekan lapangan (*ground check*). Pengecekan lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi lapangan atau penutupan lahannya. Pengecekan lapangan tidak dilakukan secara menyeluruh melainkan hanya pada beberapa tempat yang dianggap mewakili masing-masing kelas klasifikasi penutupan lahan. Pengecekan lahan dilakukan untuk menunjang dalam intepretasi data citra satelit. Hal ini bertujuan untuk memverifikasi data citra dengan kenampakan sebenarnya di bumi. Hasil pengecekan lapangan di jadikan acuan untuk membuat klasifikasi citra yang lebih tepat.

2.3.3. Indeks vegetasi

Indeks vegetasi adalah suatu indeks yang dibentuk menggunakan operasi sederhana yaitu pengurangan dan rasio antara saluran inframerah dekat (NIR) dengan saluran merah (RED). Transformasi indeks Vegetasi menggunakan NDVI (*Normalized Difference Index Vegetation*). Indeks vegetasi dengan pendekatan ini menghasilkan nilai yang berkisar antara -1 dan +1. Tutupan vegetasi lebat cenderung mempunyai nilai NDVI mendekati +1, lahan kosong umumnya mempunyai nilai mendekati nol. Formula dari indeks vegetasi adalah (Jaya, 2006):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

2.3.4. Analisis hubungan data suhu permukaan, tutupan lahan dan indeks vegetasi

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan diperoleh dari perolehan rata-rata permukaan disetiap tutupan lahan. Sedangkan hubungan fungsional suhu permukaan dan indeks vegetasi dinyatakan dalam bentuk $y = f(x)$. Variasi Y dalam fungsi tersebut dipengaruhi oleh variabel x. Analisis yang dilakukan merupakan analisis data statistik berupa regresi linier sederhana untuk melihat bagaimana hubungan yang terjadi, seberapa besar hubungan yang ada dan bagaimana pola hubungan tersebut.

Unit contoh yang dianalisis merupakan nilai pixel dari setiap kelas indeks vegetasi (NDVI) yang dihasilkan yaitu berupa nilai suhu permukaan dan nilai indeks vegetasi. Pemilihan unit contoh untuk setiap nilai piksel dilakukan secara *Random Sampling*. Jumlah contoh (n) dalam penelitian yang bersifat korelasional sampel minimum yang dapat digunakan adalah 30 unit.

3. Hasil dan Pembahasan

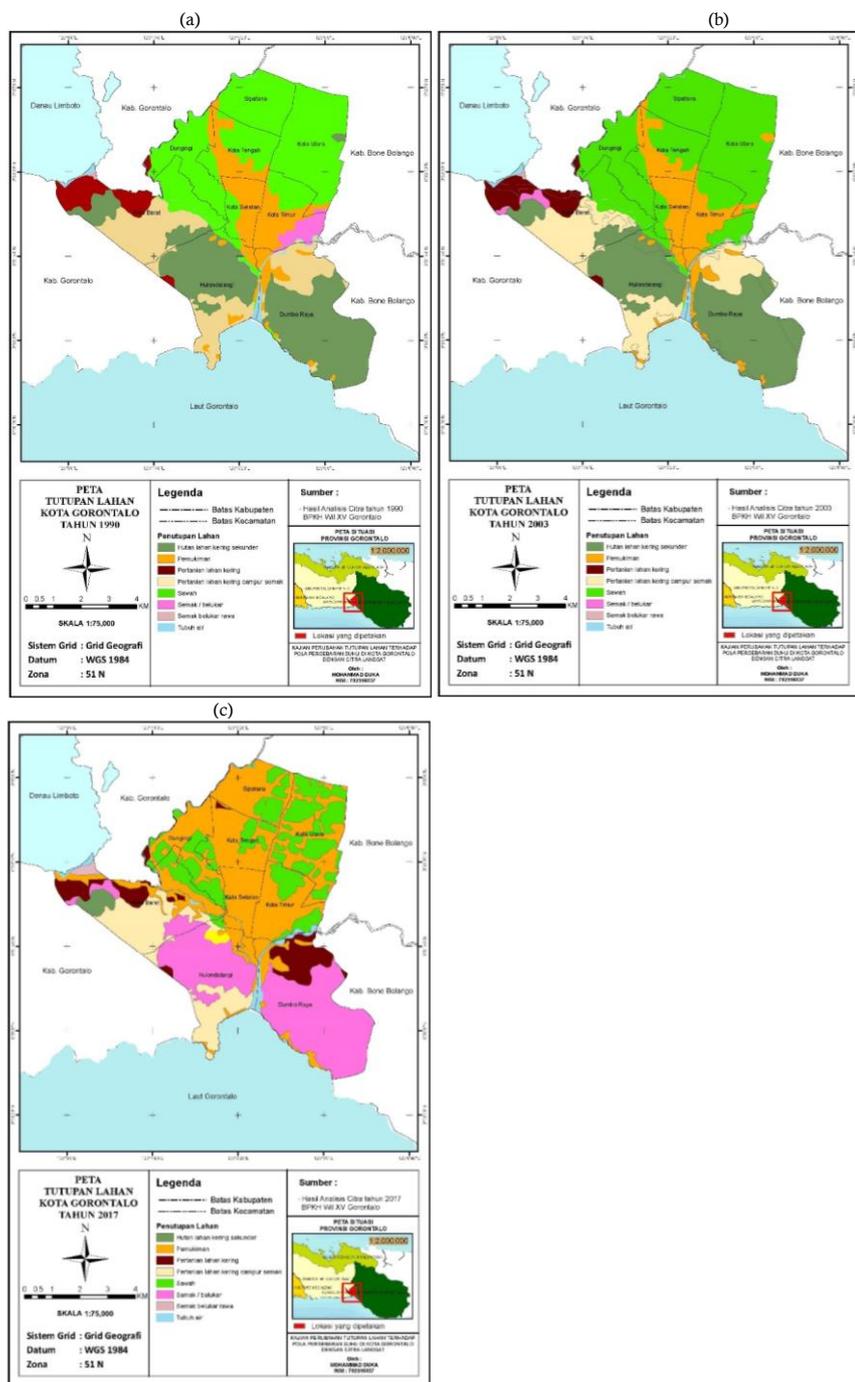
3.1. Tutupan Lahan Kota Gorontalo

Luas tutupan lahan di Kota Gorontalo pada tahun 1990 sebesar 6.699,89 ha dengan luasan tutupan terbesar adalah sawah dan hutan lahan kering sekunder dengan masing-masing luas sebesar 2.471,60 ha dan 1.873,98 ha. Luas pertanian lahan kering campur semak sebesar 990,47 ha. Lahan pemukiman luasnya 870,25 ha. Pertanian lahan kering luasnya sebesar 870,25 ha, semak/belukar luasnya 124,54 ha dan tubuh air luasnya 16,96 ha. Tipe tutupan lahan dengan luas terkecil adalah semak belukar rawa dengan luas 5,25 ha. Pada Tahun 2003 dan Tahun 2017, terjadi perubahan luasan tutupan lahan. Perubahan yang signifikan terjadi pada luas hutan lahan kering sekunder dan pemukiman. Luas hutan pada Tahun 2003 sebesar 1814,77 ha menurun hingga 86,14 ha di Tahun 2017. Luas lahan pemukiman pada Tahun 2003 sebesar 896,89 ha meningkat menjadi 2426,99 ha pada Tahun 2017 (lihat Tabel 2). Peta Penutupan Lahan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Luas tutupan lahan di Kota Gorontalo kualitatif/analisis visual data citra landsat tahun 1990

Tipe tutupan lahan	Luas (ha)		
	1990	2003	2017
Hutan lahan kering sekunder	1873.98	1814.77	86.14
Pemukiman	870.25	896.89	2426.99
Pertambangan	-	-	28.32
Pertanian lahan kering	270.04	270.04	431.12
Pertanian lahan kering campur semak	990.47	984.40	703.79
Sawah	2471.60	2592.96	1181.44
Semak / belukar	124.54	41.81	1694.11
Semak belukar rawa	5.25	5.25	30.80
Tubuh Air	93.76	93.76	117.17
Total	6699.89	6699.89	6699.89

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003 dan 2017



Gambar 2. Peta tutupan lahan di Kota Gorontalo. (a) tahun 1990; (b) tahun 2003; (c) tahun 2017

Perubahan luasan yang terjadi tidak selalu disebabkan oleh adanya konversi lahan dari hutan atau kebun campuran, tetapi juga dipengaruhi oleh pola tanam yang berubah-ubah. Luasan yang tidak tetap namun relatif berkurang dari tahun ke tahun adalah luasan pada penutupan lahan hutan, walaupun secara tepat tidak dapat memperkirakan perubahan luasan yang terjadi karena adanya tutupan awan di sekitar kawasan. Beberapa wilayah berhutan di daerah pegunungan dan sekitarnya pada wilayah tropis seringkali menjadi wilayah yang tertutup awan pada data penginderaan jauh optis. Keberadaan awan menyebabkan panjang gelombang tidak sampai ke objek/permukaan bumi tetapi langsung dipantulkan oleh awan tersebut sehingga data yang terekam berupa awan yang berwarna keputihan dan permukaan bumi terhalang.

Selain itu, luas perubahan tutupan lahan di Kota Gorontalo banyak disebabkan karena semakin bertambahnya penduduk yang memerlukan lahan untuk tempat tinggal sehingga banyak lahan yang digunakan untuk permukiman. Pertambahan jumlah penduduk merupakan faktor utama dalam mendorong peningkatan lahan kawasan terbangun (Nurhayati, 2016). Dalam pengklasifikasiannya, lahan terbangun meliputi pemukiman, pusat pemerintahan, area perdagangan dan jasa, kawasan industri dan jalan raya. Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk perkotaan di Indonesia, memberikan konsekuensi meningkatnya permintaan sarana dan prasarana kota (Iriyanto, 2008). Perkembangan cepat suatu kota dipastikan menyebabkan terjadinya perubahan pemanfaatan ruang. Hal ini dikarenakan tanah merupakan sumber daya yang terbatas. Dengan demikian, cepat atau lambat, dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan urbanisasi, berbagai penggunaan lahan di perkotaan akan mulai saling bertentangan.

Selanjutnya pada kawasan sawah mengalami perubahan luas, dari periode tahun 1990 sampai dengan tahun 2017, luas persawahan di Kota Gorontalo mengalami penurunan luas sebesar 1290,15 ha. Hal ini merupakan imbas dari peningkatan jumlah penduduk, aktivitas dan proses pembangunan. Konversi lahan merupakan konsekuensi logis dari peningkatan aktivitas dan jumlah penduduk serta proses pembangunan lainnya. Konversi lahan pada tahap tertentu wajar terjadi, namun pada sisi lain jika tidak dikendalikan maka akan semakin bermasalah karena umumnya alih fungsi terjadi di atas lahan pertanian yang masih produktif (Arsyad & Rustiyati, 2008; Budi, 2015).

3.2. Distribusi Suhu Permukaan di Kota Gorontalo

3.2.1. Distribusi suhu permukaan tahun 1990

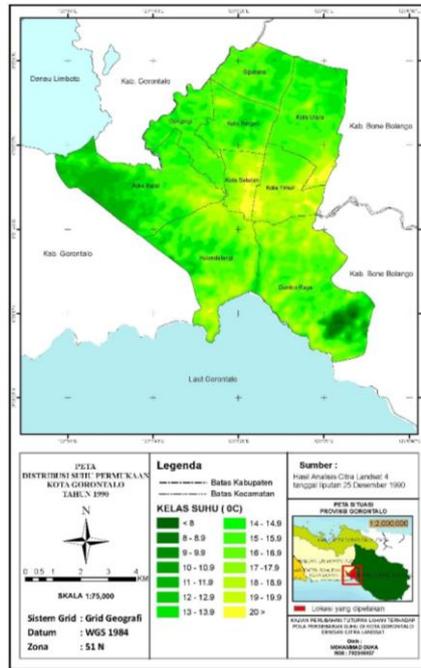
Pada Tahun 1990, distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 15-15.9 °C dengan luas 1852,25 ha. Kondisi tersebut tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan hasil layout antara peta administratif Kota Gorontalo dan peta distribusi suhu permukaan pada tahun 1990 terlihat bahwa suhu permukaan yang relatif rendah (suhu permukaan <8 °C) yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya. Sedangkan suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 20 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Hasil interpretasi terhadap citra landsat diperoleh persebaran suhu di Kota Gorontalo seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo

Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)									
	Dumbo Raya	Duingingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana	
< 8	7.18									
8 - 8.9	31.66									
9 - 9.9	25.43									
10 - 10.9	27.31			10.15						
11 - 11.9	28.97		1.98	172.54						
12 - 12.9	41.80	0.63	20.33	205.49		2.66		1.80	1.27	
13 - 13.9	69.14	33.48	123.59	194.30		58.20		119.30	88.04	
14 - 14.9	80.37	95.80	82.67	129.97		72.46	0.12	144.36	54.19	
15 - 15.9	347.29	262.03	226.65	232.84	9.71	191.31	78.67	326.89	176.86	
16 - 16.9	313.13	57.96	227.65	107.60	28.43	97.89	49.10	127.77	121.95	

17 -17.9	260.40	13.09	184.20	68.95	55.64	38.41	73.44	29.96	23.36
18 - 18.9	160.42	1.63	134.57	25.36	63.98	19.52	147.20	20.68	1.66
19 - 19.9	38.84		48.49	14.96	65.99	3.32	120.55	33.24	
20 >	1.23		3.57	2.42	58.03		43.91	33.83	

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990



Gambar 3. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 1990

3.2.2. Distribusi suhu permukaan tahun 2003

Pada tahun 2003, distribusi suhu permukaan yang relatif rendah adalah suhu permukaan <12 °C yang tersebar di Kecamatan Dumbo Raya, Kecamatan Duingi dan Kecamatan Kota Barat. Suhu permukaan yang relatif tinggi (suhu permukaan > 21 °C) tersebar pada wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Selatan, Kota Timur dan Kota Utara. Distribusi suhu permukaan di wilayah kecamatan yang terdapat di Kota Gorontalo tertinggi yaitu pada kelas suhu 14-14.9 °C dengan luas 1912,29 ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Dumbo Raya, Duingi, Hulondhalangi, Kota Barat, Kota Timur, Kota Selatan, Kota Utara, Kota Tengah dan Kecamatan Sipatana. Berdasarkan wilayah administrasi, distribusi kelas suhu tertinggi yaitu terdapat di wilayah Kecamatan Kota Barat dengan luas distribusi suhu permukaan sebesar 1164,80 ha. Sedangkan wilayah Kota Gorontalo dengan luas distribusi suhu permukaan rendah adalah Kecamatan Kota Tengah dengan luas sebesar 281,77 ha. Distribusi suhu di Kota Gorontalo menurut kecamatan ditunjukkan pada Tabel 4. Peta sebaran suhu permukaan di Kota Gorontalo ditunjukkan pada Gambar 4.

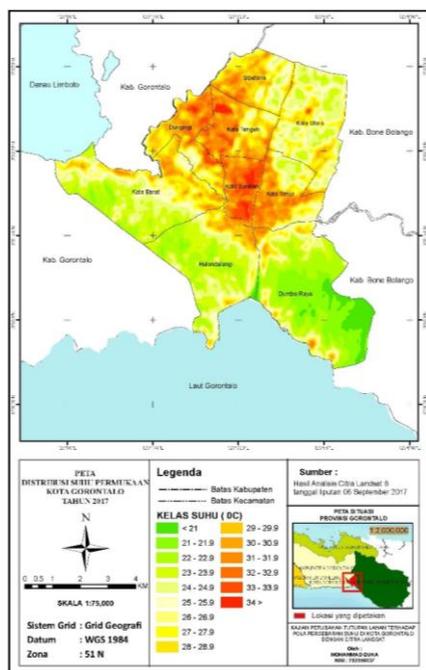
Tabel 4. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2003

Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)								
	Dumbo Raya	Duingi	Hulondhalangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana
< 8	7.18								
8 - 8.9	31.66								

Tabel 5. Luas wilayah berdasarkan suhu menurut kecamatan di Kota Gorontalo tahun 2017

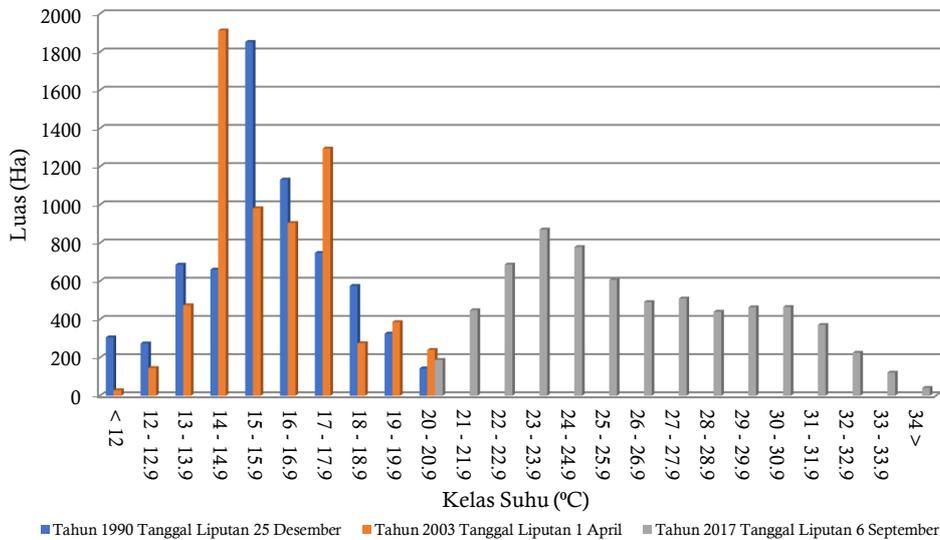
Kelas suhu	Luas kecamatan (Ha)									
	Dumbo Raya	Dungingi	Hulondh alangi	Kota Barat	Kota Selatan	Kota Tengah	Kota Timur	Kota Utara	Sipatana	
< 12	3.86	1.25		23.49						
12 - 12.9	17.51	28.90	1.11	95.19		0.09				2.29
13 - 13.9	76.86	81.84	41.71	244.52	0.12	6.75	0.02	0.06		21.70
14 - 14.9	555.24	177.83	338.39	512.74	6.68	140.17	9.02	60.04		112.17
15 - 15.9	240.40	65.69	177.31	129.92	7.83	107.74	39.06	103.69		109.63
16 - 16.9	168.54	56.67	142.60	70.83	11.90	77.78	83.52	177.76		114.40
17 - 17.9	200.66	44.53	193.57	68.85	41.37	90.41	134.68	415.05		104.74
18 - 18.9	52.45	5.11	54.54	10.96	23.23	21.44	46.97	46.99		13.00
19 - 19.9	64.31	1.82	72.02	7.24	68.69	31.05	110.35	27.27		2.52
20 - 20.9	37.01	0.00	25.33	0.78	82.75	7.34	81.83	4.68		
21 >	8.25	3.96	0.27	39.20			7.47	2.23		

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 2017



Gambar 5. Peta distribusi suhu berdasarkan kecamatan di Kota Gorontalo Tahun 2017

Hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2003 suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara <12°C – >21 °C, sedangkan pada periode tahun 2017 hasil citra landsat suhu permukaan di Kota Gorontalo berkisar antara <21°C – 34>°C. Distribusi suhu permukaan hasil citra landsat periode tahun 1990 – tahun 2017 disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi suhu permukaan di Kota Gorontalo periode tahun 1990 – 2017

3.3. Rata-Rata Suhu Permukaan Tiap Tipe Tutupan Lahan

Rata-rata suhu permukaan terendah terdapat pada kelas tutupan semak belukar, rawa dan hutan lahan kering sekunder. Suhu permukaan yang tertinggi terdapat pada kelas tutupan lahan pertambangan dan pemukiman. Perbandingan diantara suhu permukaan pada lahan pemukiman dan pertambangan dengan tutupan lahan lainnya menunjukkan selisih yang besar. Hal ini disebabkan energi yang terpancar dan terekam oleh sensor satelit pada lahan pemukiman dan pertambangan lebih besar dibandingkan tutupan lahan lainnya. Rata-rata suhu permukaan pada masing-masing tutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata suhu permukaan berdasarkan tutupan lahan pada periode tahun 1990-2017

No	Jenis tutupan	Suhu rata-rata (°C)		
		Tahun 1990	Tahun 2003	Tahun 2017
1	Hutan lahan kering sekunder	18.02	27.12	23.69
2	Pemukiman	23.5	27.46	28.42
3	Pertanian lahan kering	21.63	20.76	27.2
4	Pertanian lahan kering campur semak	25.6	27.64	27.04
5	Sawah	26.63	27.27	27.74
6	Semak / belukar	26.38	23.47	27.36
7	Semak belukar rawa	17.5	19.08	26.64
8	Tubuh Air	21.53	22.63	18.86
9	Pertambangan			28.87

Sumber : hasil interpretasi Cita Landsat, 1990, 2003, 2017

Pada hutan lahan kering sekunder terjadi penurunan suhu pada Tahun 2017 dibanding suhu pada Tahun 2003. Hal ini disebabkan pada tutupan lahan hutan, kerapatan vegetasi lebih tinggi. Hal ini akan berpengaruh pada kondisi evapotranspirasi. Evapotranspirasi dapat mendinginkan udara disekitarnya karena terdapat penyerapan panas saat terjadi evaporasi (Block et al., 2012). Pada pertanian lahan kering dan semak belukar kondisi kerapatan vegetasi lebih rendah dibanding hutan. Hal ini mengakibatkan suhu menjadi lebih tinggi. Pada tubuh air, suhu permukaan lebih rendah. Hal ini disebabkan karena air merupakan sumber kelembaban.

3.4. Hubungan Antara Tipe Penutupan Lahan dan Perubahan Suhu Permukaan

Kerapatan vegetasi dapat dijelaskan melalui Nilai Indeks Vegetasi (NDVI). Nilai NDVI yang dihasilkan dari data citra Landsat dapat menggambarkan kerapatan vegetasi suatu wilayah (Sobrin et al., 2004). Nilai NDVI hasil ekstraksi data citra Landsat dapat merepresentasikan distribusivegetasi dan

memetakannya berdasarkan pola karakteristik reflektansi kloroferta perbedaan jumlah vegetasi (Affan, 2002). Menurut Sobrino et al., (2004) reflektansi radiasi matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang mengenai pepohonan dipengaruhi oleh karakteristik tajuk yang berupa kerapatan tajuk, ketebalan tajuk dan persentase kerapatan kanopinya.

Hasil analisis dengan menggunakan koefisien korelasi antara suhu permukaan dan nilai NDVI menunjukkan adanya hubungan negatif antara suhu permukaan dan indeks vegetasi. Hasil perhitungan menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = -0.141$ untuk tahun 1990, $r = -0.448$ untuk tahun 2003 dan $r = -0.402$ untuk tahun 2017. Tanda negatif menunjukkan suatu hubungan dengan arah yang berlawanan atau setiap kenaikan nilai indeks vegetasi terjadi penurunan nilai suhu permukaan. Besarnya penurunan suhu permukaan tersebut secara sederhana dinyatakan dalam persamaan regresi linier yaitu:

1. Tahun 1990 : Suhu = $15.82 - 2.01 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,019$)
2. Tahun 2003 : Suhu = $24.982 - 3.793 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,020$)
3. Tahun 2017 : Suhu = $28.002 - 8.579 \text{ NDVI}$ ($R^2 = 0,161$)

Berdasarkan hasil uji korelasi antara NDVI dan suhu permukaan terlihat hubungan korelasi negatif hanya berada pada nilai-nilai NDVI diatas nol, pada nilai NDVI dibawah nol (angka negatif) suhu cenderung menurun. Hal ini dikarenakan nilai NDVI dibawah nol sampai dengan -1 umumnya menunjukkan tutupan badan air yang umumnya juga memiliki suhu permukaan yang relatif rendah. Nilai NDVI yang mendekati 0 pada umumnya merupakan tutupan lahan terbangun atau lahan terbuka yang memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi. Nilai R^2 merupakan nilai koefisien determinasi yang menyatakan besarnya persentase nilai suhu permukaan yang dapat dijelaskan oleh nilai NDVI dan sisanya dijelaskan oleh faktor lain yang tidak terdapat pada model.

Nilai koefisien determinasi yang terus mengalami penurunan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 dapat menunjukkan peran vegetasi yang semakin menurun terhadap besarnya suhu permukaan. Pada Tahun 1990 nilai koefisien determinasi adalah 0,019. Pada Tahun 2003, nilai koefisien determinasi sebesar 0,020. Pada Tahun 2017 nilai koefisien determinasi sebesar 0,16. Dengan demikian kontribusi vegetasi terhadap perubahan suhu di Kota Gorontalo sebesar 1,9% (Tahun 1990), 2% (Tahun 2003) dan meningkat menjadi 16% (Tahun 2017). Salah satu hal yang mempengaruhi penurunan peran vegetasi terhadap besarnya suhu permukaan adalah adanya perubahan tutupan lahan. Sebagaimana hasil analisis tutupan lahan dari data tahun 1990, 2003 dan 2017 menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan yang semula berupa hutan, kebun campuran, dan semak menjadi lahan-lahan pertanian serta perubahan lahan-lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun (Gambar 2).

Hasil analisis antara data distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan pada tahun 1990, 2003 dan 2017 secara umum menunjukkan adanya perbedaan nilai suhu permukaan pada setiap tutupan lahan serta menunjukkan adanya peningkatan suhu pada ketiga tahun tersebut. Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh ke suatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naik turunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya, semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat (Adiningsih et al., 2001).

Tutupan lahan mempengaruhi reflektivitas radiasi matahari yang jatuh ke suatu tempat dan pada akhirnya radiasi matahari reflektif menjadi penyebab naik turunnya temperatur suatu tempat (Sugini, 2014). Setiap tutupan lahan memiliki tingkat kemampuan yang berbeda untuk merefleksikan kembali panas ke langit. Adanya perbedaan suhu permukaan pada beberapa tutupan lahan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik setiap permukaan benda yaitu kapasitas panas jenis dan konduktivitas termalnya (Adiningsih et al., 2001). Setiap permukaan menerima energi radiasi matahari yang sama tetapi dengan kapasitas panas yang berbeda maka suhu yang dihasilkan juga berbeda. Jika suatu benda berkapasitas panas besar maka suhu yang dihasilkan rendah, sedangkan benda yang berkapasitas panas kecil menghasilkan suhu yang tinggi. Kapasitas panas dipengaruhi oleh kapasitas panas jenis dan massa jenis atau kerapatan suatu benda. Kecepatan benda menjadi panas tergantung dari konduktivitas termalnya,

semakin besar konduktivitas termal maka suatu benda semakin cepat merambatkan panas sehingga suhu semakin cepat meningkat, sebaliknya jika suatu benda memiliki konduktivitas termal yang kecil maka benda tersebut semakin lambat merambatkan panas sehingga suhu lebih lambat untuk meningkat.

Vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari untuk melakukan metabolisme dalam dirinya sehingga dapat menurunkan suhu. Fotosintesis yang merupakan proses pada tumbuhan ditentukan oleh energi yang bersumber dari sinar matahari. Fotosintesis mengikat energi surya menjadi energi dalam bentuk bahan kimia kaya energi yang dapat menjadi sumber makanan makhluk hidup. Proses fotosintesis secara simultan terjadi dengan proses transpirasi pada tumbuhan yang juga dapat menurunkan suhu. Saat transpirasi, terjadi penguapan air melalui pori-pori daun dan cabang tanaman. Besarnya transpirasi dalam batastertentu dipengaruhi oleh karakteristik dan kerapatan vegetasi seperti struktur tajuk, perilaku pori-pori daun dan sebagainya (Asdak, 2014).

Hasil analisis hubungan suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan lahan bervegetasi terutama hutan memiliki suhu yang relatif lebih rendah jika dibandingkan lahan terbangun. Kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari lebih baik jika dibandingkan dengan lahan terbangun. Struktur vegetasi juga berpengaruh terhadap kemampuan vegetasi dalam menyerap radiasi matahari. Jenis vegetasi tertentu dengan struktur yang rapat seperti pohon yang memiliki lapisan tajuk dengan banyak daun, ranting dan cabang menawarkan manfaat yang lebih besar karena dapat mengurangi radiasi yang ditransmisikan secara terus menerus (Armson, 2012). Pohon juga menawarkan efek peneduhan dari fungsi pembayangan. Purnomohadi (1995) dan Wonohardjo (2010) juga menyimpulkan bahwa vegetasi pohon berpengaruh positif terhadap fungsi ameliorasi suhu, baik melalui evapotranspirasi, refleksi matahari yang tinggi serta efek pembayangan permukaan di bawah kanopi. Penanaman sekelompok pepohonan yang berkerapatan tinggi merupakan perlindungan dalam mengurangi temperatur yang tinggi pada siang hari (Fandely & Muhamad, 2009).

Kekurangan dari penelitian ini adalah belum dilakukannya validasi hasil interpretasi suhu di Kota Gorontalo dengan kondisi suhu actual. Keterbatasan stasiun iklim menyebabkan data suhu actual di Kota Gorontalo tidak tersedia.

4. Kesimpulan

Trend perubahan suhu permukaan yang terjadi di Kota Gorontalo yaitu suhu permukaan di Kota Gorontalo periode 1990, 2003 dan 2017 mengalami peningkatan. Peningkatan suhu permukaan terjadi pada tutupan vegetasi yang telah mengalami perubahan luas. Kelas suhu permukaan rendah mengalami penurunan luas dari tiga tahun peliputan dan mengalami peningkatan perubahan luas penutupan pada lahan dengan kelas suhu permukaan tinggi, dengan pola distribusi suhu permukaan yang berbeda pada masing-masing wilayah yang berada di Kota Gorontalo.

Hubungan antara suhu permukaan dan tutupan lahan menunjukkan bahwa vegetasi hutan memiliki suhu permukaan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan lahan terbangun, serta suhu permukaan pada setiap vegetasi berbeda bergantung pada karakteristik vegetasi yang ditunjukkan oleh hubungan nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan yang menunjukkan korelasi negatif dengan nilai berturut-turut pada tahun 1990, 2003 dan 2017 sebesar -0.141, -0.448 dan -0.402. Perubahan suhu permukaan di Kota Gorontalo dipengaruhi oleh adanya perubahan tutupan lahan yang ditandai oleh kesamaan pola perubahan distribusi suhu permukaan dengan pola perubahan tutupan lahan.

5. Referensi

- Adiningsih, E. S., Soenarmo, S. H., & Mujiasih. (2001). Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan. Studi Kasus Cekungan Bandung. *Jurnal Lapan*.
- Affan, M. J. (2002). *Penilaian Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan Berdasarkan Indeks Vegetasi dan KDBI*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB.
- Arsyad, S., & Rustiyati. (2008). *Penyelamatan Tanah, Air dan Lingkungan*. Jakarta: Crespent Press dan Yayasan Obor Indonesia.
- BAPPEDA Kota Gorontalo. (2010). *Rencana Kerja Pembangunan Daerah (RKPD) Kota Gorontalo Tahun 2010*. Gorontalo: Bappeda Kota Gorontalo.
- Block, A. H., Livesley, S., & William, N. (2012). *Responding to the Urban Heat Island : A Review of the Potential Green Infrastructure*. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research.

Commented [JK1]: Tambahkan dalam daftar referensi

- Budi, P. R. (2015). *Alih Fungsi Lahan Di Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Bandung Dan Yogyakarta)*. . Yogyakarta: Pusat Pengkajian, Pengolahan Data dan Informasi (P3DI).
- Fandely, C., & Muhamad. (2009). *Prinsip-prinsip Dasar Mengkonservasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fawzi, N. I. (2013). *Kajian Urban Heat Island Di Kota Yogyakarta – Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Iriyanto, S. (2008). *Analisis Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) Kota Liwa Kabupaten Lampung Barat dan Arah Kebijakan Pembangunan Kota Liwa Pada Era Otonomi Daerah (Studi Kasus P3KT: Komponen Air Bersih)*. Jakarta: Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Jaya, I. (2010). *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan; Fakultas Kehutanan IPB.
- Kong, F., Yin, H., James, P., Hutyra, L., & He, H. S. (2014). Effects of Spatial pattern of greenspace on urban cooling in large metropolitan area of eastern China. *Landscape and urban Planning*, 35 - 47.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*. (IV ed.). New York: Wiley & Sons.
- Nurhayati. (2016). *Analisis Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Di Kabupaten Majalengka*. Tesis. Program Studi Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Padjajaran. Bandung: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Padjajaran.
- Purnomohadi, S. (1995). *Peran Ruang Terbuka Hijau dalam Pengendalian Kualitas Udara di DKI Jakarta*. Bogor: IPB Bogor.
- Sobrinho, J. A., Jimenez-Munoz, J. C., & Paolini. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environmental*, 434-440.
- Sugini. (2014). *Kenyamanan Termal Ruang; Konsep dan Penerapan pada Desain*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tatura, L. S. (2010). Kajian perubahan tutupan lahan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Gorontalo. *Jurnal Inovasi*, Vo. 10(1). Diambil kembali dari <http://ejournal.ung.ac.id>
- US Environmental Protection Agency. (2012, September). Guideline for water reuse. Washington DC. Diambil kembali dari <https://www.epa.gov>
- Wonohardjo, S. (2010). *Pengaruh Karakteristik Fisik Terhadap Fenomena Pulau Panas (Heat Island) Kawasan Kota Bandung*. . Bandung: Program Studi Arsitektur Institut Teknologi Bandung.