



TESIS - RE142541

**PENGARUH RUANG TERBUKA HIJAU (RTH)
TERHADAP KONSENTRASI GAS NITROGEN
DIOKSIDA (NO₂) DI INDONESIA BERBASIS CITRA
SATELIT**

TIA DWI IRAWANDANI

NRP 3315201212

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. JONI HERMANA, M.Sc.Es.PhD

Dr. Eng. ARIE DIPAREZA SYAFEI, ST.,MEPM

MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS - RE142541

**EFFECT OF GREEN OPEN SPACES (GOS) TO
NITROGEN DIOXIDE (NO₂) GAS
CONCENTRATION BASED ON SATELLITE IMAGE
IN INDONESIA**

TIA DWI IRAWANDANI

NRP 3315201212

SUPERVISOR

Prof. Ir. JONI HERMANA, M. Sc. Es. PhD

Dr. Eng. ARIE DIPAREZA SYAFEI, ST., MEPM

MASTER PROGRAM OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY CIVIL, ENVIRONMENTAL, AND GEO ENGINEERING
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOVEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

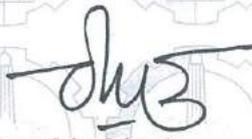
Oleh :

Tia Dwi Irawandani
NRP. 3315201212

Tanggal Ujian : 08 Januari 2018
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh :

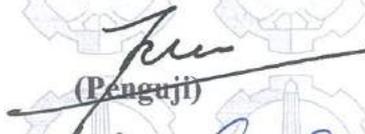
1. Prof. Ir. Joni Hermana, M. Sc. Es., PhD
NIP : 19600618 198803 1 002


(Pembimbing)

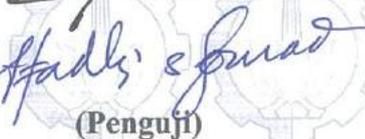
2. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM
NIP : 19820119 200501 1 001


(Co. Pembimbing)

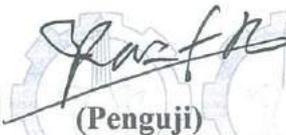
3. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T
NIP : 19650508 199303 1 001


(Penguji)

4. Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si., M.T
NIP : 19751018 200501 1 003


(Penguji)

5. Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M
NIP : 19530502 198103 1 004


(Penguji)

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



IDA A Warmadewanthi, S.T., M.T., PhD
NIP.19750212 199903 2 001

PENGARUH RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP KONSENTRASI GAS NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI INDONESIA BERBASIS CITRA SATELIT

Nama Mahasiswa : Tia Dwi Irawandani
NRP : 3315201212
Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M. Sc. Es., PhD
Ko. Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

ABSTRAK

Kepadatan kota-kota di Indonesia baik di wilayah dataran tinggi ataupun rendah semakin meningkat. Kondisi tersebut berdampak pada perubahan ruang terbuka hijau menjadi lahan terbangun yang memicu meningkatnya produksi polusi dan udara panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh ruang terbuka hijau (RTH) terhadap gas Nitrogen dioksida (NO₂) troposfer, RTH terhadap suhu permukaan, dan suhu permukaan terhadap NO₂ troposfer di tiga puluh kota di Indonesia dari tahun 2007 hingga 2016.

Pengolahan data pada penelitian ini berbasis citra satelit. Adapun citra satelit yang digunakan adalah Terra MODIS untuk olah data suhu permukaan bumi, GOME MetOP-A untuk olah data NO₂ troposfer, dan Google Earth untuk olah data ruang terbuka hijau. Analisis statistika yang digunakan adalah *Structural Equation Model- Partial Least Square* (SEM-PLS) dengan variabel indikator berupa prosentase ruang terbuka hijau, suhu permukaan bumi, konsentrasi NO₂, elevasi kota, dan posisi kota terhadap garis khatulistiwa.

Rata-rata setiap tahunnya ruang terbuka hijau mengalami penurunan sebesar 14.65%, konsentrasi NO₂ troposfer mengalami kenaikan 18.49%, dan suhu mengalami kenaikan 0.7%. RTH berpengaruh signifikan terhadap penurunan suhu permukaan dan NO₂ troposfer dengan koefisien pengaruh secara berurutan sebesar - 0.0686 dengan R₂= 21%. Semakin luas RTH maka suhu permukaan dan NO₂ troposfer semakin kecil. Variabel suhu berpengaruh signifikan dan berbanding lurus terhadap NO₂ troposfer dengan koefisien sebesar -0.557 dan R₂ sebesar 36%. Tiga variabel lain yang mempengaruhi NO₂ troposfer secara signifikan adalah suhu permukaan dan posisi kota terhadap khatulistiwa yang berbanding lurus serta elevasi yang berbanding terbalik terhadap NO₂ troposfer. Variabel lain yang berpengaruh signifikan terhadap suhu permukaan adalah posisi dan elevasi kota. Elevasi berbanding terbalik dan posisi garis lintang terhadap khatulistiwa berbanding lurus terhadap suhu permukaan perkotaan.

Kata kunci : citra satelit, proporsi RTH, perkotaan, *Structural Equation Model- Partial Least Square*,

EFFECT OF GREEN OPEN SPACES TO NITROGEN DIOXIDE (NO₂) GAS CONCENTRATION IN INDONESIA BASED ON SATELLITE IMAGE

Name : Tia Dwi Irawandani
ID Number Student : 3315201212
Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, M. Sc. Es., PhD
Co. Supervisor : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

ABSTRACT

Density cities both of high and low-elevated in Indonesia were increasing. The condition has impacted on the change of green open spaces into building areas that triggered the increase of pollution production. The purposes of this study were determined the effect of green open spaces (GOS) on the troposphere Nitrogen dioxide (NO₂), GOS to surface temperature, and surface temperature to NO₂ troposphere in thirty cities in Indonesia from 2007 to 2016.

Data processing in this study is based on satellite imagery. The satellites imagery used were Terra MODIS for Earth surface temperature data, MetOP-A GOME for NO₂ troposphere data, and Google Earth for GOS data. Statistical analysis used is Structural Equation Model-Partial Least Square (SEM-PLS) with indicator variables were percentage of GOS, earth surface temperature, NO₂ concentration, elevation, and city position toward equator.

The average annual rate of GOS decreased by 14.65%, NO₂ troposphere concentration increased by 18.49%, and the temperature increased 0.7%. GOS had a significant effect on the decrease of NO₂ troposphere and surface temperature in sequence are coefficient -0.068, R₂= 21% and -0.557 R₂= 36%, . The higher GOS, the surface temperature and NO₂ troposphere were getting smaller. The temperature variable had significant effect and was directly proportional to NO₂ troposphere. Other variables that significantly affect NO₂ troposphere were surface temperatures and city positions against equator that were directly proportional and elevations that was inversely proportional to NO₂ troposphere. Other variables that had significant effect on surface temperature are position and elevation of city. Elevation was inversely proportional and the position of latitude towards the equator was directly proportional to the urban surface temperature.

Keywords: proportion of GOS, satellite imagery, Structural Equation Model - Partial Least Square, urban area

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “*Pengaruh Ruang Terbuka Hijau Terhadap Konsentrasi Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) di Indonesia Berbasis Citra Satelit*”. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pihak LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) Kementerian Keuangan yang telah memberi kesempatan saya untuk dapat melanjutkan dan menyelesaikan studi program magister ini melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia Dalam Negeri.
2. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM dan Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es., PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan, petunjuk, dan arahnya dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT, Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT, Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, MM, Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT, dan Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc selaku dosen penguji, yang telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun.
4. Bapak Adhi Yuniarto, ST., Mt., PhD selaku dosen wali akademik yang telah memberi arahan dan bimbingan dalam bidang akademik selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tesis.
5. Seluruh dosen dan karyawan program studi Pascasarjana Teknik Lingkungan ITS yang telah memberikan bimbingan, dan pelayanan selama perkuliahan.
6. Ibu Ana Rudiawati dan Bapak Iwan Basori sebagai orang tua terbaik, kakak Cristanti Fajar Sari, adik Zulkisam Pramudia dan Meysha Rizqia Wandani atas segala bantuan moril, materil, dan doa dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
7. Arif Budiono atas segala motivasi, perhatian, dukungan, dan doa selama masa perkuliahan dan penyusunan tesis ini.
8. Keluarga besar TL-UB dan Himpunan Mahasiswa Islam FTP-UB atas motivasi, arahan, dan dukungan selama melanjutkan studi di Kota Surabaya.
9. Endah, Madina, Riza, Amanah, Kiki, Eka, Niken, Zulfa, Denis, teman-teman Teknik Lingkungan ITS, dan Griya GL-101 yang telah memberi motivasi dan perhatian selama studi di Kota Surabaya.

10. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman, penulis mengharapkan saran dan masukan demi lebih baiknya tesis ini. Akhirnya harapan penyusun semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2018

Tia Dwi Irawandani

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Udara.....	5
2.1.1 Lapisan Troposfer.....	6
2.2 Gas Nitrogen Dioksida.....	8
2.2.1 Sumber dan Sebaran NO ₂	6
2.2.2 Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap NO ₂	10
2.2.3 Mekanisme <i>Uptake</i> NO ₂ Oleh Vegetasi.....	11
2.3 Suhu Permukaan Bumi (Perkotaan).....	13
2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Permukaan Bumi.....	14
2.4 Tutupan Lahan dan Klasifikasinya.....	16
2.5 Penginderaan Jauh.....	17
2.6 Citra Satelit GOME-2 MetOP-A.....	18
2.7 Citra Satelit Terra MODIS.....	19
2.8 Citra Google Earth.....	21

2.9 Analisis <i>Structural Equation Model – Partial Least Square</i> (SEM-PLS).....	21
2.9.1 Analisis Statistika Multivariat.....	21
2.9.2 <i>Structural Equation Model-Partial Let Square</i>	22
2.10 Penelitian Terdahulu.....	27
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Lokasi Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.1 Bahan.....	31
3.2.2 Alat.....	31
3.3 Metode Penelitian.....	32
3.4 Tahapan Penelitian.....	32
3.4.1 Pengumpulan Data.....	33
3.4.2 Pengolahan Data Citra Satelit.....	33
3.4.3 Metode Analisis Data.....	40
3.4.4 Kesimpulan dan Saran.....	42
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Posisi dan Elevasi Kota d Indonesia.....	43
4.2 Luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota di Indonesia 2007 - 2016.....	46
4.3 Konsentrasi Gas NO ₂ Kota di Indonesia Tahun 2007 - 2016.....	52
4.4 Suhu Permukaan Kota di Indonesia 2007-2016.....	56
4.5 Analisis <i>Structural Equation Modeling-Partial Least Square</i>	64
4.5.1 Konseptualisasi Model.....	64
4.5.2 Menggambar Diagram Alur.....	67
4.5.3 Estimasi Parameter.....	67
4.5.4 Evaluasi Model.....	64
4.5.5 Persamaan Akhir Model.....	70
4.6 Pengujian Hipotesa.....	71
4.7 Analisis Pengaruh Faktor Elevasi dan Posisi Kota terhadap	

Konsentrasi Gas NO ₂	84
4.8 Pengaplikasian Hasil Penelitian dalam Pengelolaan Kualitas Udara Perkotaan di Indonesia	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN.....	105
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Udara.....	5
Tabel 2.2	Karakteristik Satelit GOME-2.....	19
Tabel 2.3	Karakteristik Satelit Terra MODIS.....	20
Tabel 2.4	Deskripsi Pengujian <i>Outer Model</i>	25
Tabel 2.5	Deskripsi Pengujian <i>Inner Model</i>	26
Tabel 3.1	Letak Astronomi Wilayah Penelitian.....	29
Tabel 4.1	Elevasi dan Posisi 30 Kota Wilayah Penelitian.....	43
Tabel 4.2	Klasifikasi Kota Berdasarkan Elevasi.....	46
Tabel 4.3	Proporsi RTH Kota Ambon 2007-2016.....	50
Tabel 4.4	Proporsi RTH Kota Semarang 2007-2016.....	50
Tabel 4.5	Pengelompokan Kota Berdasarkan Persentase Penurunan Lahan Hijau Selama Lima Tahun Terakhir.....	54
Tabel 4.6	Nilai Minimum, Maksimum, dan Rerata NO ₂	55
Tabel 4.7	Nilai Minimum, Maksimum, dan Rata-rata Suhu 30 Kota.....	59
Tabel 4.8	Variabel Laten dan Indikator	64
Tabel 4.9	Hasil Uji Validitas Konvergen (<i>Loading Factor</i>).....	65
Tabel 4.10	Variabel-Variabel dalam Model SEM-PLS.....	65
Tabel 4.11	Hasil Validitas Konvergen Variabel.....	67
Tabel 4.12	Nilai <i>Cross Loading Discriminan Validity</i>	68
Tabel 4.13	Pengujian Reliabilitas.....	70
Tabel 4.14	Nilai <i>Variance Inflation Factor</i>	70
Tabel 4.15	Nilai <i>Rsquare Inner Model</i>	72
Tabel 4.16	Nilai Uji f ²	73
Tabel 4.17	Hasil Analisis Regresi Berganda Berdasarkan Elevasi Kota.....	75
Tabel 4.18	Hasil Uji Hubungan Antar Variabel Laten.....	76
Tabel 4.19	Hasil Persamaan di Kota Besar, Sedang, dan Kecil.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Profil Lapisan Atmosfer	7
Gambar 2.2	Proses Deposisi dan Re-emisi NO ₂ Atmosfer Pada Permukaan Daun.....	13
Gambar 2.3	Profil Urban Heat Island.....	14
Gambar 2.4	Sistem Penginderaan Jauh.....	18
Gambar 2.5	Bentuk Model dari Analisis SEM-PLS.....	24
Gambar 3.1	Letak Wilayah Penelitian.....	29
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian.....	32
Gambar 3.3	Pengolahan Data Citra Satelit.....	34
Gambar 3.4	Tampilan Jendela Google Earth Pro.....	35
Gambar 3.5	Tampilan Jendela Proses Digitasi dan Pengukuran Luas Lahan Hijau.....	36
Gambar 3.6	Olahan Data Suhu Permukaan Citra Terra MODIS pada ArcGIS.....	38
Gambar 3.7	Identifikasi Nilai NO ₂ dari Data Citra Terra MODIS.....	40
Gambar 4.1	Zona UTM Wilayah Indonesia.....	47
Gambar 4.2	Perbandingan Peta Luasan RTH Kota Ambon 2007 dan 2016	49
Gambar 4.3	Perbandingan Peta Luasan RTH Kota Semarang 2007 dan 2016.....	51
Gambar 4.4	Grafik Presentase Tutupan Lahan 2007-2016.....	52
Gambar 4.5	Grafik Rata-rata Konsentrasi NO ₂ Pertahun (2007-2016).....	57
Gambar 4.6	Grafik Rata-rata NO ₂ troposfer di Indonesia 2007-2016.....	58
Gambar 4.7	Grafik Perubahan Suhu Permukaan Kota di Indonesia (2007-2016).....	61
Gambar 4.8	Grafik Suhu Permukaan Rata-rata di Indonesia (2007-2016).....	62
Gambar 4.9	Diagram Jalur Variabel Laten dan Indikator	64
Gambar 4.10	Diagram Jalur SEM-PLS	66
Gambar 4.11	Nilai <i>Average Variance Extracted</i> (AVE).....	68
Gambar 4.12	Model Pengukuran dari Masing-Masing Variabel Laten.....	71

Gambar 4.13 Model Struktural (<i>Inner Model</i>).....	72
Gambar 4.14 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Tinggi	80
Gambar 4.15 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Sedang	81
Gambar 4.16 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Rendah	81
Gambar 4.17 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO ₂ Kota Kecil.....	85
Gambar 4.13 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO ₂ Kota Sedang.....	85
Gambar 4.13 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO ₂ Kota Besar.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Presentasi Tutupan Lahan 2007-2016.....	105
Lampiran 2 Rekap Data NO ₂ Bulanan 30 Kota 2007-2016.....	106
Lampiran 3 Rekap Data Suhu Bulanan 30 Kota.....	111

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Urbanisasi di negara berkembang Asia Tenggara meningkat sebesar 48% pada tahun 2010 dan diprediksi mencapai 64% pada tahun 2050. Peningkatan urbanisasi menandakan bahwa semakin padatnya aktivitas berbagai sektor di perkotaan (UNESCAP, 2015). Aktivitas transportasi lalu lintas, industri, serta pembangunan untuk rumah tinggal dan perniagaan menjadi faktor utama penyebab semakin padatnya wilayah perkotaan. Berbagai aktivitas tersebut memberikan dampak perubahan tutupan lahan perkotaan. Fakta menunjukkan bahwa tutupan lahan yang banyak mengalami perubahan adalah lahan bervegetasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lahan bervegetasi sebagai penyerap berbagai polutan udara semakin kecil sedangkan jumlah bangunan, industri, dan transportasi sebagai sumber emisi semakin meningkat (Wijaya, 2015).

Menurunnya lahan bervegetasi akibat meningkatnya aktivitas pembangunan dan transportasi memberikan dampak negatif terhadap kualitas udara perkotaan. Dampak yang pertama adalah kenaikan suhu udara perkotaan. Panas yang terlepas di udara akibat dari peningkatan kegiatan antropogenik di wilayah pusat kota (urban) menyebabkan suhu udara permukaan meningkat secara tidak merata. Perbedaan suhu antara wilayah urban dan wilayah pinggiran kota (rural) merupakan fenomena yang disebut Urban Heat Island (UHI) (Fawzi dan Naharil, 2013). Selisih suhu wilayah UHI dibandingkan dengan sekitarnya mencapai 2°C - 10°C. Suhu permukaan yang tinggi menunjukkan tingginya konsumsi energi. Hasil samping dari konsumsi energi tidak hanya panas yang dilepaskan ke udara, tetapi juga menghasilkan berbagai jenis polutan (Joshi et al., 2013).

Polutan udara yang dihasilkan dari konsumsi atau pembakaran energi sebagian besar berupa polutan gas. Salah satunya adalah Nitrogen dioksida (NO₂) yang banyak terbentuk dari aktivitas transportasi kendaraan bermotor. NO₂ adalah salah satu polutan gas yang terbentuk dengan warna kecoklatan dan berbau tajam sehingga bersifat lebih toksik (Vallero, 2008). Konsentrasi NO₂ dalam jumlah

besar akan berdampak negatif pada kesehatan yaitu penurunan fungsi difusi paru-paru, mempengaruhi visibilitas (jarak pandang), dan pada konsentrasi dan kondisi tertentu akan menghambat pertumbuhan tanaman (Pannullo et al., 2015). Kadar konsentrasi NO₂ perkotaan bervariasi dengan puncak konsentrasi tinggi mencapai 0.5 ppm pada saat aktivitas manusia terutama mobilisasi meningkat siang hari (Departemen Kesehatan, 2008). Dampak dari perubahan tutupan lahan ini menjadi berkepanjangan dan mempengaruhi perubahan iklim jika tidak dikendalikan.

Dalam menangani kondisi tersebut, fokus terhadap perubahan tutupan lahan menjadi hal utama. Lahan bervegetasi memiliki peran penting dalam pengendalian suhu dan kualitas udara termasuk gas NO₂. Titik pertukaran NO₂ di atmosfer terhadap area tumbuhan hijau disebut "titik kompensasi". Konsentrasi titik kompensasi NO₂ antara 0,0003-0.003 ppm tergantung pada jenis pohon. Vegetasi menjadi penyerap NO₂ ketika konsentrasi ambien melebihi titik kompensasi NO₂ (Kesselmeier et al., 2013). Abdurahim (2010) menjelaskan bahwa vegetasi jenis tertentu dapat menyerap gas NO₂. Ukuran stomata mempengaruhi kemampuan daya serap vegetasi tersebut terhadap gas NO₂. Semakin besar ukuran stomata maka tingkat serapan semakin tinggi.

Selain stomata, kondisi suhu lingkungan juga berpengaruh pada laju penyerapan NO₂. Hasil penelitian menunjukkan hasil yang beragam. Abdurahim (2010) menyatakan bahwa jenis tumbuhan petai, gamal, lamtoro, flamboyan, asam, saga, kaliandra dan sengon mempunyai tingkat serapan gas NO₂ lebih tinggi pada kondisi suhu $\geq 30^{\circ}\text{C}$, sedangkan Nasrullah (1997) menyatakan jenis tanaman trembesi serapan NO₂ cenderung meningkat pada suhu 20°C dan menurun pada suhu 30°C, tanaman angsana dan sapu tangan serapan NO₂ cenderung meningkat sampai pada suhu 30°C. Studi tentang tutupan lahan dalam hal ini vegetasi, NO₂, dan suhu udara permukaan sebagai langkah awal pengendalian tidak terbatas dalam skala mikro namun juga dalam skala makro.

Studi lanjut mengenai tiga variabel tersebut dalam skala makro memanfaatkan metode penginderaan jauh. Wardana (2015) menganalisis suhu permukaan yang diekstrak dari citra satelit Landsat Thematic Mapper sebagai pertimbangan untuk perencanaan ruang terbuka hijau perencanaan di Kota

Bandung. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata suhu permukaan telah meningkat selama 10 tahun. Area dengan kepadatan bangunan yang tinggi menunjukkan wilayah yang paling terpengaruh oleh suhu permukaan yang tinggi. Komposisi dan konfigurasi tutupan vegetasi memiliki pengaruh yang kuat terhadap suhu permukaan. Namun pencapaian fungsi area hijau untuk penurunan suhu juga sangat tergantung pada ukuran dan jenis dari pohon kepadatan tinggi.

Kajian teori dan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa vegetasi dalam wilayah perkotaan berupa ruang terbuka hijau berperan dalam penyerapan gas NO_2 dan mempengaruhi perubahan suhu permukaan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menganalisis pengaruh ruang terbuka hijau terhadap konsentrasi NO_2 troposfer pada wilayah perkotaan selama 10 tahun terakhir berbasis citra satelit. Dalam penentuan pengaruh tersebut ditambahkan variabel yang dimungkinkan berpengaruh diantaranya elevasi kota dan posisi kota berdasarkan garis lintang. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang dapat mendukung perencanaan wilayah kota utamanya ruang terbuka hijau dengan pertimbangan faktor lingkungan yang baik untuk masa mendatang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan kondisi di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh ruang terbuka hijau terhadap konsentrasi NO_2 troposferik perkotaan di Indonesia?
2. Bagaimana pengaruh ruang terbuka hijau terhadap suhu permukaan perkotaan di Indonesia?
3. Apakah ada pengaruh perubahan kenaikan suhu permukaan terhadap konsentrasi gas NO_2 troposferik perkotaan di Indonesia?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini:

1. Menentukan pengaruh ruang terbuka hijau terhadap konsentrasi gas NO_2 troposfer perkotaan di Indonesia.

2. Menentukan pengaruh ruang terbuka hijau terhadap suhu permukaan perkotaan di Indonesia.
3. Mengidentifikasi ada atau tidaknya pengaruh antara suhu permukaan terhadap konsentrasi gas NO₂ troposfer perkotaan di Indonesia.

1.4. Manfaat

Manfaat penelitian ini yang pertama diharapkan dapat memberikan informasi baru sebagai bahan penelitian selanjutnya. Kedua, sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam penentuan kebijakan tata wilayah kota utamanya dalam menangani perubahan kenaikan suhu, kualitas udara konsentrasi gas NO₂, dan perencanaan tata ruang wilayah kota masa mendatang.

1.5. Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki batasan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian yang dipilih adalah kota di Indonesia yang merupakan ibukota masing-masing propinsi berjumlah 30 kota. Pemilihan ibukota sebagai wilayah penelitian didasarkan bahwa ibukota memiliki kegiatan antropogenik lebih padat dan cenderung mengalami perubahan tutupan lahan yang dinamis.
2. Data yang diambil adalah data 10 tahun terakhir yaitu 2007-2016. Pertimbangan jumlah tahun adalah untuk mendapatkan gambaran perubahan lahan yang representatif.
3. Data sebaran konsentrasi gas NO₂ troposfer diperoleh dari citra satelit Global Ozone Monitoring Experiment 2 (GOME 2 MetOP-A).
4. Data suhu permukaan yang digunakan adalah data dari citra satelit Terra MODIS. Suhu yang dimaksud disini merupakan suhu permukaan perkotaan yang merupakan bagian dari lapisan troposfer tepatnya lapisan planetair (ketebalan 0-1 km). Troposfer merupakan lapisan atmosfer terdekat dengan bumi dengan ketebalan 0-18 km.
5. Data ruang terbuka hijau diambil dari intepretasi citra Google Earth dengan mengukur luasan lahan atau ruang terbuka hijau tiap kota.

6. Secara vertikal, wilayah penelitian ini berada pada lapisan troposfer yaitu dengan range 0 km hingga 18km dari permukaan bumi.
7. Analisis penentuan pengaruh menggunakan Structural Equation Model – Partial Least Square (SEM-PLS) dengan pertimbangan bahwa metode ini dapat digunakan untuk sebaran data tidak normal dan pengujian dilakukan serentak satu kali dan tujuannya menekankan pada konfirmatori teori.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Udara merupakan gas yang menyelimuti permukaan bumi akibat gravitasi. Udara terdiri dari campuran berbagai macam gas yang perbandingannya tidak tetap. Dalam ilmu meteorologi, udara disebut juga atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia ini (Pradjosantoso dan Tutik, 2011). Komposisi udara yang menyelimuti bumi atau atmosfer dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Udara

Gas	Formula	Volume (ppm)	Volume (%)
Nitrogen	N ₂	780840	78.1
Oksigen	O ₂	209460	20.9
Argon	Ar	9340	0.93
Carbon dioksida	CO ₂	394.45	0.04
Neon	Ne	18.18	0.002
Helium	He	5.24	0.0005
Methane	CH ₄	1.79	0.0002
Krypton	Kr	1.14	0.0001
Hydrogen	H ₂	0.55	0.00006
Nitrous oxide	N ₂ O	0.3	0.00003
Carbon monoxide	CO	0.1	0.00001
Xenon	Xe	0.09	0.00001
Ozone	O ₃	0.0 to 0.07	0.000007
Nitrogen dioxide	NO ₂	0.02	0.000002
Iodine	I ₂	0.01	0.000001
Ammonia	NH ₃	trace	Trace

Sumber: NOAA (2012)

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Kementerian Lingkungan Hidup, 1991). Zat yang mencemari atau yang mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Bahan pencemar udara atau polutan dapat dibagi menjadi dua bagian (Mukono, 2008):

1. Polutan primer (polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu), dapat berupa gas (senyawa karbon, yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksidasi, dan karbon oksida (CO dan CO₂), senyawa sulfur (SO_x), senyawa nitrogen (NO_x dan amoniak), dan senyawa halogen. Bentuk polutan primer lainnya adalah partikel. Berdasarkan ukuran, secara garis besar partikel dapat merupakan suatu:
 - a. Partikel debu kasar (coarse particle), jika diameternya > 10 mikron.
 - b. Partikel debu, uap dan asap, jika diameternya diantara 1 - 10 mikron.
 - c. Aerosol, jika diameternya < 1 mikron.
2. Polutan sekunder (terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, misalnya reaksi fotokimia, sebagai contoh adalah disosiasi NO₂ yang menghasilkan NO dan O radikal. Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil. Contoh polutan sekunder ini adalah ozon, Peroxy acyl Nitrat (PAN), dan Formaldehida.

Polutan udara berasal dari berbagai sumber dan akan terdispersi ke udara bebas hingga masuk ke lapisan atmosfer. Pada atmosfer tersebut polutan gas akan terdistribusi hingga batasan ruang tertentu atau pada lapisan tertentu yang disebut planetary boundary layer (PBL). Atmosfer bumi dibagi menjadi 4 lapisan utama. Salah satu lapisan tersebut yang menjadi lapisan terdekat bumi adalah troposfer.

2.1.1 Lapisan Troposfer

Troposfer berada dalam ketinggian dari permukaan bumi sampai ketinggian rata-rata 11 km, temperatur rata-rata 15°C di permukaan laut menurun dengan bertambahnya ketinggian sampai kira-kira -56°C bagian atas (tropopause). Struktur lapisan troposfer pada atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.1

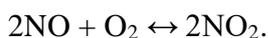
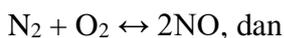


Gambar 2.1 Profil Lapisan Atmosfer
(Pradjosantoso dan Tutik, 2011).

Lapisan troposfer ini pengaruhnya sangat besar sekali terhadap kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Lapisan ini selain terjadi peristiwa-peristiwa seperti cuaca dan iklim, hampir keseluruhan dari seluruh massa gas yang terkandung dalam atmosfer terdapat pada lapisan ini. Troposfer terdiri atas lapisan planetair (0-1 km), konveksi (1-8 km), dan tropopause (8-12 km). Pada lapisan troposfer adalah suhu udara menurun sesuai dengan perubahan ketinggian, yaitu setiap naik 100 meter dari permukaan bumi, suhu udara menurun sebesar lebih kurang $0,6^{\circ}\text{C}$ (Teori hukum Braak). Pada troposfer terdapat penurunan suhu yang disebabkan oleh sangat sedikitnya troposfer menyerap radiasi gelombang pendek dari matahari, sebaliknya permukaan tanah memberikan panas pada lapisan troposfer yang terletak di atasnya melalui konduksi, konveksi dan atau sublimasi yang dilepaskan oleh uap air atmosfer (Sudiarta, 2013).

2.2 Gas Nitrogen Dioksida (NO₂)

Nitrogen oksida (NO_x) mempunyai 2 macam bentuk yang sifatnya berbeda, yaitu gas NO₂ dan gas NO. Sifat gas NO₂ adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan berbau. Nitrogen dioksida (NO₂) adalah gas anorganik berwarna coklat kemerahan dengan bau yang tajam. Dampak dari perubahan tutupan lahan selain suhu udara meningkat pembentukan UHI juga meningkatkan polusi udara. Tutupan lahan hijau juga dapat berfungsi sebagai barrier polutan udara, dimana salah satunya adalah NO₂. Nitrogen oksida (NO_x) adalah senyawa gas yang terdapat di udara bebas (atmosfir) yang sebagian besar terdiri atas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas NO₂ bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya merah kecoklatan. Nitrogen dioksida terbentuk dari NO atau NO_x lainnya bereaksi lebih banyak dengan oksigen atau zat kimia lainnya, dengan persamaan:



Sifat racun (toksisitas) gas NO₂ empat kali lebih kuat dari pada toksisitas gas NO. Kadar NO₂ sebesar 250 µg/m³ dan 500 µg/m³ dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat. Udara yang tercemar oleh gas nitrogen dioksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman tertentu. Pengaruh gas NO₂ pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi lebih tinggi, gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun, dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna (Chiusolo, 2011).

Kadar NO₂ di udara perkotaan biasanya 10 – 1000 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Emisi NO₂ dipengaruhi kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran arang, bensin, minyak dan gas (Yunita, 2010). Polutan NO₂ terdispersi secara terbatas hingga ketinggian lapisan inversi (antara 731 hingga 785 meter di atas permukaan tanah). Pergerakan polutan akan terhenti hingga lapisan tersebut, sehingga terperangkap dan mengendap dipermukaan yang dapat berdampak negatif bagi kehidupan di permukaan bumi (Sari et al., 2015).

2.2.1 Sumber dan Sebaran NO₂

Wijayanti (2012) menjelaskan bahwa sumber NO₂ yang terlepas di udara lebih banyak dari aktivitas pembakaran bahan bakar fosil batubara, gas, minyak, dan utamanya bensin yang digunakan pada kendaraan bermotor. Sumber lainnya yaitu proses industri logam, pembuatan asam nitrat, dan secara alami juga dihasilkan dari aktivitas gunung berapi (Sastrawijaya, 2009). Konsentrasi NO_x di udara di perkotaan bervariasi tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor. Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut (Departemen Kesehatan, 2008):

- a. Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO₂ tetap stabil dengan konsentrasi sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari.
- b. Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.
- c. Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet konsentrasi NO₂ pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
- d. Konsentrasi ozon meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1 ppm.
- e. Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO₂ (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O₃ yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO₂ dan penurunan kadar O₃.
- f. Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam nitrat di dalam air hujan atau debu.

Nitrogen oksida berada di lapisan troposfer dan stratosfer. Pada lapisan troposfer (kurang dari 10 km di atas permukaan bumi), reaksi NO_x terjadi sangat cepat yakni kurang dari 1 hari. Dengan kecepatan reaksi yang sangat singkat, NO₂ relatif lebih dekat dari sumbernya (tetap berada pada area). Sehingga dapat dengan mudah terdeteksi dari luar angkasa melalui citra satelit. Dalam lapisan stratosfer, NO₂ terlibat dalam beberapa reaksi fotokimia dengan ozon (O₃) sehingga mempengaruhi lapisan ozon. NO₂ di lapisan stratosfer terbentuk dari oksidasi N₂O yang akan menjadi NO_x, dan bertindak sebagai katalis untuk kerusakan ozon (Hendrick et al., 2012).

2.2.2 Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap NO₂

Konsentrasi gas polutan termasuk NO₂ yang berada di sekitar sumber hingga terdispersi ke atmosfer dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan. Adapun faktor yang mempengaruhi antara lain:

a. Faktor Meteorologi

Berdasarkan penelitian Antika et al. (2013) suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin mempengaruhi besarnya konsentrasi NO₂. Suhu udara yang tinggi, kelembaban udara yang rendah serta kecepatan angin yang tinggi menyebabkan konsentrasi NO₂ rendah, sedangkan suhu udara yang rendah, kelembaban udara yang tinggi dan kecepatan angin yang rendah menyebabkan konsentrasi menjadi tinggi. Suhu udara yang tinggi membuat kerapatan udara di dekat permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada di atasnya menyebabkan terjadinya aliran konveksi ke atas yang membawa berbagai polutan termasuk NO₂, hal tersebut menyebabkan konsentrasi NO₂ menjadi rendah. Suhu udara yang rendah menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas udara yang berada di atasnya, akibatnya aliran konveksi udara bergerak lebih lambat sehingga konsentrasi NO₂ menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan.

b. Faktor Topografi dan Elevasi

Skene et al. (2010) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa elevasi memiliki efek negatif kecil namun signifikan terhadap konsentrasi gas NO₂ di udara permukaan Kota Connecticut. Ketinggian atau elevasi ini merupakan faktor topologi yang mempengaruhi meteorologi yang pada gilirannya mengubah tingkat konsentrasi NO₂. Topografi turut mempengaruhi kondisi meteorologi yang selanjutnya mempengaruhi pola dispersi polutan. Sebagai contoh perbedaan temperatur antara daratan dengan lautan menimbulkan sirkulasi angin lokal (darat-laut) dan lapisan batas internal termal. Bila polutan dilepaskan dekat daerah pantai, akumulasi konsentrasi pencemar cenderung tinggi pada daerah tersebut.

c. Intensitas Sinar Matahari

Pada siang hari konsentrasi NO₂ menurun seiring dengan meningkatnya radiasi matahari dan lebih banyak ozon permukaan terbentuk oleh photoreaction. Konsentrasi NO₂ akan menurun saat molekul NO meningkat. Sejalan dengan

turunnya intensitas matahari maka terjadi reaksi balik (proses penipisan ozon) yang lebih cepat. Sehingga jika terjadi penurunan konsentrasi ozon maka terjadi kenaikan konsentrasi NO_2 . Ozon yang telah habis menjadi O_2 dan O dapat bergabung kembali dengan NO untuk mereformasi NO_2 (Assomadi et al., 2016)

d. Faktor fisiologi tanaman mempengaruhi penyerapan NO_2

Faktor tersebut adalah laju fotosintesis, laju transpirasi, daya hantar, ukuran, dan jumlah stomata. NO_2 yang masuk ke dalam stomata diubah menjadi nitrit dan nitrat untuk digunakan tumbuh kembang tumbuhan tersebut. Penyerapan NO_2 cenderung lebih cepat daripada NO karena NO_2 cenderung lebih cepat bereaksi dengan air (Nugrahani, 2005).

e. Faktor Astronomi

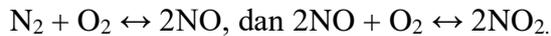
Hasil penelitian (Zhang, et al., 2016) yang menjadi laporan publikasi dari National Oceanic and Atmospheric Administrations tahun 2016 menunjukkan bahwa kondisi ozon pada negara berkembang khususnya Asia Tenggara mengalami kenaikan pesat selama periode 1980-2010. Pemetaan dispersi ozon yang didasarkan pada garis equator atau khatulistiwa menunjukkan bahwa polutan terutama ozon memiliki konsentrasi tinggi pada wilayah dengan garis lintang rendah (mendekati equator). Jika konsentrasi ozon tinggi maka NO_2 rendah pada wilayah dengan garis lintang rendah.

2.2.3 Mekanisme Uptake Nitrogen Dioksida (NO_2) oleh Vegetasi

Pertukaran gas NO_2 antara tanaman dan atmosfer dikendalikan oleh gradient konsentrasi dalam dan atau luar daun, bukaan stomata dan resistensi di dalam daun. Stomata pada daun dipengaruhi oleh faktor iklim seperti cahaya, suhu, dan uap air defisit tekanan. Titik pertukaran NO_2 di atmosfer terhadap area tumbuhan hijau yang disebut "titik kompensasi" (Yoneyama et al, 1980). Konsentrasi titik kompensasi NO_2 menjelaskan bahwa konsentrasi NO_2 di titik pertukaran adalah nol (sebagai batas antara serapan NO_2 dan emisi NO_2). Ketika konsentrasi NO_2 ambien berada di bawah titik kompensasi, tanaman bertindak sebagai sumber untuk NO_2 . Dan berubah menjadi penyerap NO_2 ketika konsentrasi ambien melebihi titik kompensasi NO_2 . Studi sebelumnya melaporkan konsentrasi titik

kompensasi NO₂ antara 0,3-3 ppb tergantung pada jenis pohon (Hereid dan Monson, 2001).

Nitrogen dioksida terbentuk dari NO atau NO_x lainnya bereaksi lebih banyak dengan oksigen atau zat kimia lainnya, dengan persamaan:



Mekanisme proses NO₂ didalam tumbuhan terbagi menjadi tiga proses besar (Hu, 2011) dan keseluruhan proses secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 2.2:

a. Proses asimilasi menjadi asam amino

Molekul NO₂ dapat masuk ke bagian sub stomata langsung melalui proses difusi gas. Dalam tahap ini NO₂ larut dalam fasa air dari ruang apoplastik dan diubah dengan reaksi kimia nitrat (NO₃⁻) atau nitrit (NO₂⁻). NO₃⁻ secara cepat menjadi NO₂⁻ oleh enzim NO₃⁻ reduktase dalam sitosol. Selanjutnya, NO₂⁻ direduksi menjadi NH₄⁺ oleh reduktase NO₂⁻ di kloroplas dan akhirnya berasimilasi menjadi asam amino. Asam amino digunakan untuk sintesis klorofil, protein penyimpanan vegetatif, dan ditransfer ke akar bawah tanah.

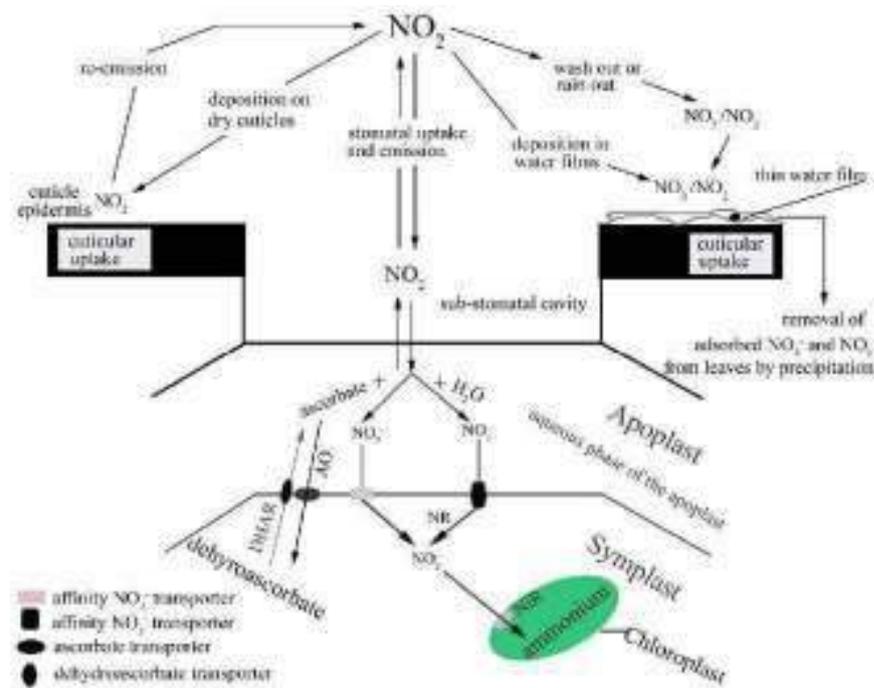
b. Akumulasi dalam vakuola

NO₂⁻ bersama NO₃⁻ terakumulasi dalam vakuola. Akumulasi NO₃⁻ di vakuola diekspor untuk metabolisme dan mempertahankan aktivitas NO₃⁻. Akumulasi NO₃⁻ pada daun sangat bergantung pada beberapa faktor yaitu suplay NO₃⁻, intensitas cahaya, suhu, air dan kondisi oksidasi dalam tanah. Tingginya NO₂ mengakibatkan peningkatan akumulasi NO₃⁻ pada daun. Di samping itu, konsentrasi tinggi polutan mengakibatkan menurunnya kinerja enzim reduktase NO₃⁻. Penurunan tersebut dianggap berasal dari dua aspek:

1. Tingginya NO₂ menghambat kegiatan glutamin yang menghasilkan akumulasi ammonium sehingga menurunkan reduktase NO₃⁻.
2. NO₂ tinggi menyebabkan penutupan stomata dan dapat menyebabkan penurunan yang cepat pada proses NO₃⁻ Reduktase (NAR).

c. Emisi NO₂ dan NO pada permukaan daun

Emisi NO_x pada permukaan daun melibatkan dua mekanisme yaitu konversi enzimatik pada NO₂⁻ oleh reduktase NO₃⁻ menjadi NO_x dan reaksi kimia secara nonenzym antara metabolis tanaman dan akumulasi NO₂⁻ dan atau dekomposisi asam nitrat.



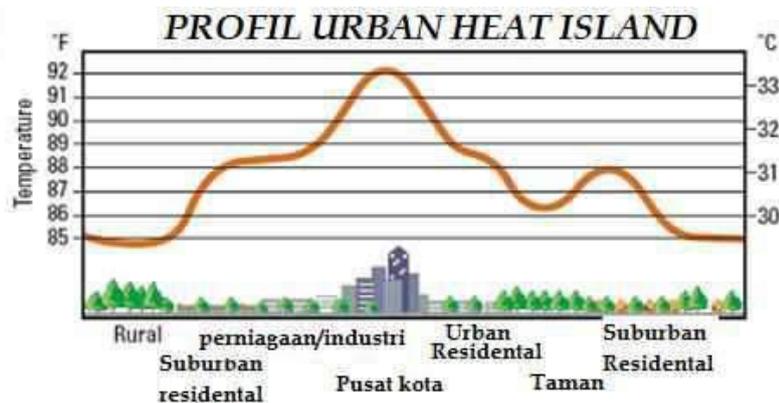
Gambar 2.2 Proses Deposisi Dan Re-Emisi NO₂ Atmosfer Pada Permukaan Daun (Hu, 2011).

Nitrat yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman untuk keseluruhan spesies tanaman, utamanya berasal dari akar. Namun, pada saat ini sejumlah NO₃⁻ juga dapat diperoleh melalui penyerapan NO₂ di atmosfer oleh daun (Teklemariam, 2006). Upaya pengendalian polutan udara termasuk NO₂ salah satunya adalah vegetasi pada ruang terbuka hijau (RTH) sebagai penyerap gas NO₂. Tutupan lahan berupa vegetasi juga dapat berfungsi sebagai barrier polutan udara sehingga meminimalisasikan perluasan pendispersian polutan udara baik dari luar ataupun dari dalam wilayah.

2.3 Suhu Permukaan Bumi (Perkotaan)

Pola pembangunan di wilayah perkotaan yang tidak ramah lingkungan mengkonversi lahan bervegetasi menjadi lansekap perkotaan. Pembangunan tersebut mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu pada suatu wilayah. Umumnya perbedaan suhu antara daerah perkotaan dan pedesaan berkisar dari 3°C - 5°C selama siang hari dan malam hari mencapai 12°C akibat radiasi lambat panas dari permukaan perkotaan. Energi matahari diserap oleh jalan dan atap dapat

menyebabkan suhu permukaan perkotaan menjadi 10°C - 17°C lebih tinggi dari udara ambien (Joshi et al., 2015). Perbedaan suhu tersebut jika tampak dari atas permukaan membentuk pulau panas atau yang disebut urban heat island (UHI). Sebaran temperatur UHI suatu kota dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sebaran temperatur UHI perkotaan (HALP, 2011)

Peningkatan panas daerah perkotaan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain meningkatnya luas permukaan refleksi radiasi matahari, berkurangnya ruang terbuka hijau, perubahan kecepatan dan aliran udara yang diciptakan oleh bangunan-bangunan tinggi, dan meningkatnya pelepasan energi antropogenik dari menara pendingin dan kendaraan (Yang et al., 2011). Perkembangan proses urbanisasi juga menyebabkan suhu udara menjadi meningkat secara signifikan yang berdampak negatif pada kondisi kualitas udara, lingkungan hidup manusia, dan perubahan iklim di masa mendatang (Zong Ci et al., 2013).

2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Permukaan Bumi

Faktor kondisi alam yang mempengaruhi suhu di suatu wilayah adalah sebagai berikut (Daryono, 2017):

- 1) Letak lintang

Letak lintang akan berpengaruh terhadap sudut datang sinar matahari. Lebih besar sudut datang sinar matahari akan lebih besar efek pemanasan yang diterimanya. Itulah sebabnya daerah yang terletak pada lintang tinggi (sekitar

kutub) suhunya lebih rendah dibandingkan daerah yang terletak pada lintang rendah (sekitar ekuator).

2) Ketinggian tempat dan letak lereng

Atmosfer lebih banyak menerima panas dari permukaan bumi dibandingkan dengan panas yang berasal dari sinar matahari, akibatnya semakin tinggi dari permukaan bumi suhunya akan semakin rendah. Suhu udara dari permukaan bumi turun normal hingga pada suatu ketinggian 11 km. Penurunan suhu dipengaruhi oleh energi radiasi sinar matahari yang datang menghangatkan permukaan bumi, lalu permukaan bumi memantulkannya kembali menghangatkan udara di atasnya. Letak lereng akan mempengaruhi banyak tidaknya sinar matahari yang diterima oleh suatu wilayah. Hal ini bisa dikaitkan dengan pergeseran semu matahari dan bentuk permukaan bumi di suatu wilayah.

3) Kondisi Wilayah

Faktor lain yang mempengaruhi kenaikan suhu adalah bentuk perkotaan, sifat termal bangunan, dan sumber panas antropogenik memberi pengaruh besar terhadap suhu permukaan udara (Rinner dan Hussain, 2011). Kenaikan suhu mempengaruhi iklim mikro perkotaan di berbagai lapisan atmosfer, termasuk lapisan permukaan (bangunan dan tanah permukaan) dan lapisan batas (sampai 1500 meter di atas permukaan tanah) (Lehmann dan Syarifi, 2014).

Selain faktor di atas, vegetasi menjadi salah satu faktor yang turut mempengaruhi kondisi suhu suatu tempat baik secara mikro, mezo, dan makro di udara bebas. Korelasi vegetasi terhadap suhu lingkungan pada berbagai skala terjadi melalui dua proses yaitu naungan kanopi dan evapotranspirasi (EPA, 2014):

a. Naungan Kanopi

Daun dan ranting mengurangi jumlah radiasi matahari yang mencapai daerah di bawah kanopi pohon atau tanaman. Jumlah sinar matahari yang ditransmisikan melalui kanopi bervariasi berdasarkan spesies tanaman. Di musim kemarau, umumnya 10-30% energi matahari mencapai area di bawah pohon, dan sisanya diserap oleh daun dan digunakan untuk fotosintesis, dan ada yang kembali ke atmosfer. Di musim dingin, rentang sinar matahari

ditransmisikan melalui pohon jauh lebih luas 10-80 % sehingga melalui mengurangi suhu permukaan di bawah kanopi pohon.

b. Evapotranspirasi

Tanaman menyerap air melalui akarnya dan memancarkannya melalui dedaunan mereka-gerakan air ini disebut transpirasi. Penguapan, konversi air dari cairan ke gas, juga terjadi dari tanah di sekitar vegetasi dan dari pohon (evapotranspirasi). Evapotranspirasi mendinginkan udara dengan menggunakan panas dari udara untuk menguapkan air.

Tumbuhan sebagai makhluk hidup memerlukan panas dan kebutuhan air yang khusus. Karena itu tanaman memberi reaksi kepada iklim mikro di sekitarnya. Akan tetapi karena tanaman tumbuh menjadi besar, maka bentuk dan ukuran berubah sehingga mempengaruhi jumlah panas dan kelembaban tanah tempat tanaman hidup dan mempengaruhi udara tempat tanaman tumbuh besar. Tumbuhan dianggap makhluk kompleks yang peka dan saling berpengaruh dengan iklim misalnya pemanasan, kelembaban, penyinaran matahari, dan sebagainya. Iklim tidak hanya mempengaruhi tanaman saja tetapi sebaliknya, bahwa tanaman juga mempengaruhi iklim. Hutan yang lebat dapat menambah jumlah kelembaban udara melalui transpirasi. Bayangan dari pepohonan juga dapat mengurangi suhu udara sehingga penguapan menjadi kecil (Tjasyono, 2004).

2.4 Tutupan Lahan dan Klasifikasinya

Tutupan lahan menggambarkan konstruksi vegetasi dan buatan yang terdiri dari tiga kelas data secara umum antara lain struktur fisik yang dibangun oleh manusia, kenampakan biotik (vegetasi dan kehidupan binatang), dan pembangunan yang menutup permukaan lahan (Putra, 2012). Pemahaman tersebut tentu berbeda dengan land use (penggunaan lahan). Dewi (2011) menjelaskan bahwa istilah land cover lebih mengacu pada tipe vegetasi (biofisik) yang ada pada lahan tertentu. Land use mengacu kepada aktivitas manusia pada lahan tersebut. Selanjutnya sistem penggunaan lahan adalah penggabungan keduanya termasuk siklus perubahan vegetasi dan aktivitas pengelolaan.

Faktor atau pemicu perubahan lahan bervariasi menurut ruang dan waktu sesuai dengan kondisi lingkungan dan manusianya. Faktor biofisik seperti

perubahan iklim dan kesuburan memegang peranan yang sama penting dengan faktor manusia yang di dalamnya. Enam faktor yang secara umum menjadi pemicu terjadinya perubahan penggunaan lahan adalah: perubahan kondisi alamiah, ekonomi dan teknologi, demografi, faktor institusi, faktor budaya, dan globalisasi. Kombinasi dari dua atau lebih dari faktor-faktor tersebut akan memicu terjadinya perubahan penggunaan lahan (Lambin dan Geist, 2007).

Klasifikasi tutupan lahan adalah upaya pengelompokan berbagai jenis tutupan lahan kedalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Klasifikasi tersebut digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pembuatan peta tutupan lahan. Klasifikasi tutupan lahan pada citra merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mengelompokkan suatu objek pada citra dengan cara mengidentifikasi kenampakan objek pada citra (Lillesand dan Kiefer, 1990). Metode klasifikasi yang biasa digunakan yakni (Howard, 1996):

1. Klasifikasi tidak terbimbing

Proses pengkelasan yang didasarkan pada informasi gugus berdasarkan kenampakan. Hasil dari klasifikasi belum diketahui identitasnya karena didasarkan hanya pengelompokan secara natural. Untuk identitas yang tepat, hasil klasifikasi dibandingkan dengan data referensi berupa data penggunaan lahan.

2. Klasifikasi terbimbing

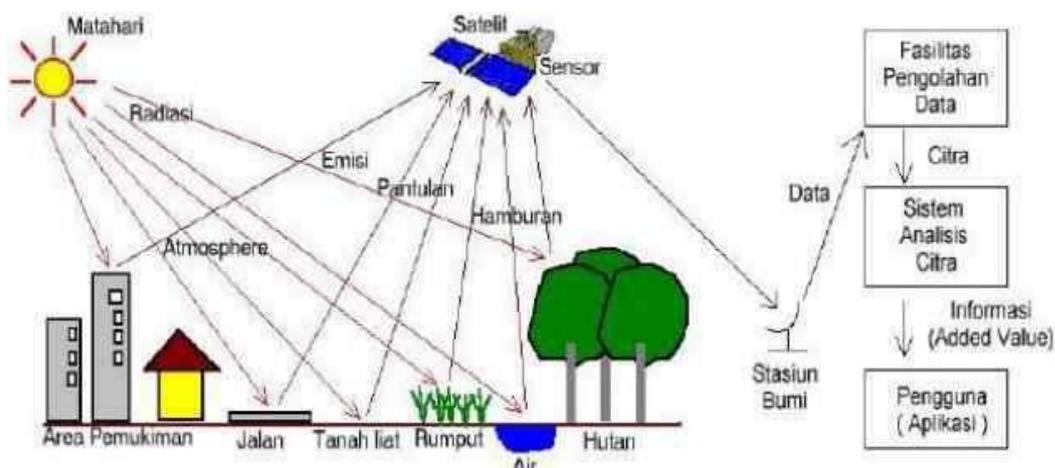
Klasifikasi terbimbing mengelompokkan nilai piksel berdasarkan informasi penutupan lahan aktual di permukaan bumi. Data interpretasi citra berupa 11 klasifikasi piksel berdasarkan spektralnya. Setiap kelas piksel dicari kaitan antara objek atau gejala di permukaan bumi. Adapun metode pengkelasan yang sering digunakan yaitu metode kemiripan maksimum. Wilayah Indonesia pada umumnya mengklasifikasikan tutupan lahan menjadi kelas semak, sungai (perairan), hutan, kebun, sawah, pemukiman, rawa, dan ladang.

2.5 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (remote sensing) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau

fenomena yang dikaji (Putra, 2011). Tujuan utama penginderaan jauh adalah mengumpulkan data dari lingkungan. Informasi tentang obyek disampaikan ke pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi. Data penginderaan jauh pada dasarnya merupakan informasi intensitas panjang gelombang yang perlu diberikan kodenya sebelum informasi tersebut dapat dipahami (Lo, 1995).

Prinsip kerja pengambilan data melalui penginderaan jauh dilakukan berdasarkan perbedaan daya reflektansi energi elektromagnetik masing-masing objek di permukaan bumi. Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan permukaan bumi akan melewati atmosfer sebelum direkam oleh sensor. Awan, debu, atau partikel-partikel lain yang berada di atmosfer akan membiaskan pantulan gelombang ini. Sistem penginderaan jauh secara konsep visual dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem penginderaan jauh (Nurandani, 2013)

2.6 Citra Satelit GOME-2 MetOP-A

Global Ozone Monitoring Experiment 2 (GOME-2) merupakan instrument penginderaan jauh yang diluncurkan oleh European Space Agency pada tahun 2006. GOME-2 terdiri dari dua satelit, yaitu GOME 2 MetOp-A dan GOME 2 MetOp-B. Satelit MetOp-A diluncurkan pada bulan Oktober 2006, sedangkan MetOp-B diluncurkan pada bulan September 2012. Kedua satelit ini dioperasikan oleh EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological

Satellite). MetOp-A terbang pada orbit matahari dengan siklus berulang selama 29 hari. Proses pembacaan satelit GOME 2 yaitu dengan UV-VIS (Ultraviolet-Visible) spektrometer dengan proses nadir-scanning. GOME 2 MetOp-A memiliki panjang jarak scanning mencakup 1920 km dengan rentang waktu selama 1,5 hari. Jarak scanning sekitar 800meter dari permukaan (Schneider, 2015). Karakteristik instrumen satelit GOME-2 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Satelit GOME-2

Prinsip kerja	Nadir-scanning UV / VIS spectrometer
Rentang panjang gelombang	240-790 nm di 4 saluran 300-800 nm di 2 saluran polarisasi (s / p)
Detektor	1024 elemen Reticon array dioda linear
Waktu pembacaan	46.875 ms (array lengkap)
Spektral sampel	0,12-0,21 nm (saluran utama)
Resolusi spektral	FWHM 0,26-0,51 nm (saluran utama)
Lebar petak	Default 1920 km
Jenis petak	Earth-kelengkungan kompensasi
Min efektif IT	187.5 ms
Resolusi spasial	Standar 80x40 km ²
Kalibrasi internal	LED, spektral lampu (PtCrNe Ar), lampu putih
Sun diffuser	Quartz kuasi volume
Data rate	400 kbits / s atau 300 MB / orbit

Sumber: Munro et al., (2006)

2.7 Citra Satelit Terra MODIS

Terra MODIS adalah salah satu instrument utama yang diterbitkan oleh Earth Observing System (EOS) Terra satellite, bagian dari program antariksa Amerika Serikat, National Aeronautics and Space Administration (NASA). Satelit Terra berhasil diluncurkan pada Desember 1999. MODIS mengorbit bumi secara polar (arah utara-selatan) pada ketinggian 705 km dan melewati garis khatulistiwa pada jam 10:30 waktu lokal. Lebar cakupan lahan pada permukaan bumi setiap

putarannya sekitar 2330 km. Pantulan gelombang elektromagnetik yang diterima sensor MODIS sebanyak 36 bands (36 interval panjang gelombang. Data terkirim dari satelit dengan kecepatan 11 Mega bytes setiap detik dengan resolusi radiometrik 12 bits. Artinya obyek dapat dideteksi dan dibedakan sampai 212 (= 4.096) derajat keabuan (grey levels) (Thoha, 2008). Tabel 2.3 berikut adalah karakteristik lainnya dari Terra MODIS berdasarkan handbook.

Tabel 2.3. Karakteristik Satelit Terra MODIS

Orbit	705 km, 10:30 a.m, descending code, sirkular
Rataan Pantauan	20.3 rpm, cross track
Luas Liputan	2330 km, (cross track) dengan lintang 10° lintasan pada nadir
Berat	228.7 kg
Power	168.5 W (single orbit average)
Kuantisasi	12 bit
Resolusi Spasial	250 m (kanal 1-2); 500 m (kanal 3-7); 1000 m (kanal 8-36)
Desain Umur	6 tahun

Sumber: Handbook MODIS, (2006)

Dengan karakteristik di atas MODIS memiliki beberapa kelebihan dibanding NOAA-AVHRR. Diantara kelebihannya adalah lebih banyaknya spektral panjang gelombang (resolusi radiometrik) dan lebih telitnya cakupan lahan (resolusi spasial) serta lebih kerapnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal). Produk MODIS dikategorikan menjadi tiga bagian yaitu produk pengamatan vegetasi, radiasi permukaan bumi, dan tutupan lahan. Diantara capaian riset dengan satelit Terra MODIS adalah pendeteksian kebakaran hutan, pendeteksian perubahan tutupan lahan dan pengukuran suhu permukaan bumi. Suhu permukaan bumi dipadukan dengan data albedo (fraksi cahaya yang dipantulkan permukaan bumi) dimanfaatkan untuk pemodelan iklim. Dengan resolusi spasial yang semakin

tinggi, dimungkinkan riset tentang prakiraan, dampak serta adaptasi regional yang diperlukan dalam menghadapi perubahan lingkungan (Thoha, 2008).

2.8 Citra Google Earth

Google Earth merupakan disebut Earth Viewer dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D. Tersedia dalam tiga lisensi berbeda: Google Earth, sebuah versi gratis dengan kemampuan terbatas; Google Earth Plus (\$20), yang memiliki fitur tambahan; dan Google Earth Pro (\$400 per tahun), yang digunakan untuk penggunaan komersial. Peluncuran Google Earth menyebabkan sebuah peningkatan lebih pada cakupan media mengenai globe virtual antara tahun 2005 dan 2006, menarik perhatian publik mengenai teknologi dan aplikasi geospasial. Global virtual ini memperlihatkan rumah, warna mobil, dan rambu jalan (Asclach, 2012).

Resolusi yang tersedia tergantung pada tempat yang dituju, tetapi kebanyakan daerah (kecuali beberapa pulau) dicakup dalam resolusi 15 meter. Google Earth memberi fasilitas pengguna mencari alamat (untuk beberapa negara), memasukkan koordinat, atau menggunakan mouse untuk mencari lokasi. Google Earth juga memiliki data model elevasi digital (DEM) yang dikumpulkan oleh Misi Topografi Radar Ulang Alik NASA. Sejak November 2006 pemandangan 3D pada pegunungan, termasuk Gunung Everest, telah digunakan dengan penggunaan data DEM untuk memenuhi gerbang di cakupan SRTM. Google Earth mendukung pengelolaan data Geospasial tiga dimensi melalui Keyhole Markup Language (KML). Google Earth memiliki kemampuan untuk memperlihatkan bangunan dan struktur (seperti jembatan) 3D, yang meliputi buatan pengguna yang menggunakan SketchUp (Aschlach, 2012).

2.9 Analisis Structural Equation Model – Partial Least Square (SEM]-PLS)

2.9.1 Analisis Statistika Multivariat

Analisis statistika bisa dikelompokkan berdasarkan jumlah variabel yang dianalisis. Berdasarkan pengelompokan jumlah variabel ini maka statistika dibagi menjadi analisis univariat, bivariat, dan multivariat. Analisis univariat adalah

analisis statistika yang hanya melibatkan satu variabel untuk setiap analisisnya, misal pengujian tentang mean populasi menggunakan uji t satu sampel, dan pengujian tentang fitting distribusi yaitu menguji apakah suatu populasi mempunyai distribusi tertentu (misalnya normal) dengan berdasarkan data sampel yang dimiliki. Analisis bivariat adalah analisis statistika yang melibatkan dua buah variabel dalam analisisnya. Sebagai contoh analisis regresi sederhana. Analisis multivariat adalah analisis statistika yang melibatkan lebih dari dua buah variabel dalam setiap analisis. Sebagai contoh analisis regresi berganda, MANOVA, dan struktural (SEM) (Dachlan, 2014).

2.9.2 SEM (Structural Equation Modeling) PLS (Partial Least Square)

Structural Equation Modeling merupakan teknik analisis statistika multivariat untuk menjelaskan relasi kompleks antar sejumlah variabel. Relasi kompleks antar sejumlah variabel yang dimaksud adalah relasi antara satu variabel atau beberapa variabel independen dengan satu atau beberapa variabel dependen. Pengujian terhadap relasi kompleks tersebut dilakukan dalam sekali uji. Kemampuannya dalam melakukan analisis dengan sekali uji ini menunjukkan bahwa teknik ini merupakan teknik analisis yang efisien (Dachlan, 2014). Umumnya terdapat dua jenis tipe SEM yang sudah dikenal secara luas yaitu covariance-based structural equation modeling (CB-SEM) dan partial least square path modeling (PLS-SEM) (Latan dan Ghozali, 2012).

Metode SEM berbasis varian ini dikembangkan sebagai alternatif apabila teori yang mendasari perancangan model lemah atau indikator yang tersedia tidak memenuhi model pengukuran reflektif. Kelebihan SEM-PLS tidak memerlukan asumsi yang sangat ketat, sampel tidak harus besar, aplikasi metode lebih ditekankan pada konfirmatori dan prediksi variabel respon. Kelemahannya adalah distribusi data tidak diketahui sehingga tidak bisa menilai signifikansi statistik. Kelemahan pada metode Partial Least Square ini bisa diatasi dengan menggunakan metode resampling. Penggunaan metode statistik parametrik biasanya mensyaratkan informasi mengenai distribusi yang harus dipenuhi dan ini sulit untuk dipenuhi. Untuk mengatasi hal ini dapat digunakan metode-metode yang tidak memerlukan asumsi ketat (Umami dan Sutikno, 2010).

Tahapan pengolahan analisis SEM-PLS adalah sebagai berikut (Latan dan Ghozali, 2012):

(1) Konseptualisasi Model

Tahap pertama dalam konseptualisasi model dilakukan dengan mendefinisikan secara konseptual variabel laten yang diteliti serta menentukan indikator-indikator yang mempresentasikan variabel laten, yakni dengan mereview literatur serta penelitian terdahulu. Tahap kedua menentukan dimensionalitas suatu variabel laten. Secara teoritis, dimensi suatu variabel laten dapat berbentuk unidimensional dan multidimensional. Tahap ketiga menentukan arah kausalitas antar konstruk atau variabel laten yang menunjukkan hubungan yang dihipotesiskan. SEM-PLS hanya mampu mengestimasi model satu arah kausalitas. Tahap keempat menentukan indikator-indikator pembentuk variabel laten apakah berbentuk reflektif atau formatif. Variabel laten disebut berbentuk reflektif jika nilainya menentukan indikator, sebaliknya jika nilai variabel laten tersebut dipengaruhi atau disebabkan oleh nilai-nilai indikator maka variabel laten dikatakan berbentuk formatif.

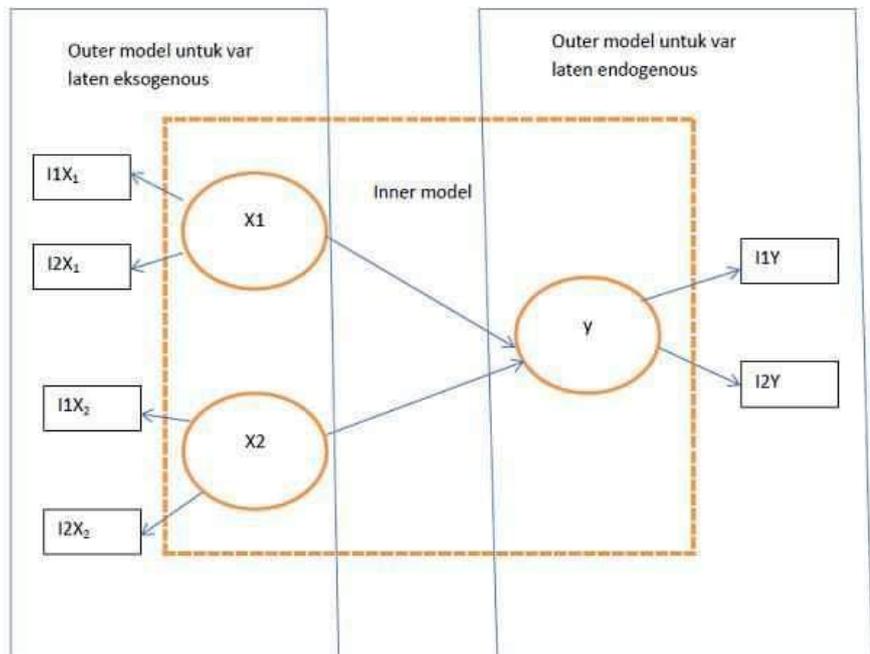
(2) Menggambar Diagram Jalur

Dalam menggambar diagram jalur (Path Diagram) merekomendasikan untuk menggunakan prosedur nomogram reticuler Action modeling (RAM) dengan ketentuan sebagai berikut (Latan dan Ghozali, 2012):

1. Variabel laten harus digambar dengan bentuk lingkaran atau bulatan elips.
2. Indikator-indikator harus digambar dengan bentuk kotak.
3. Hubungan-hubungan asimetri digambarkan dengan arah panah tunggal.
4. Hubungan-hubungan simetris digambarkan dengan arah panah double.

(3) Konversi Diagram Jalur ke dalam Model

Konversi diagram jalur ke dalam model adalah mengkonversikan diagram jalur yang terbentuk ke dalam model pengukuran (outer model) dan model struktural (inner model). Model pengukuran merupakan model yang menspesifikasi hubungan antara variabel laten dengan indikator sedangkan model struktural merupakan model yang menspesifikasi hubungan antar variabel laten. Secara konsep, model keseluruhan yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk Model dari Analisis SEM-PLS (Sarwono, 2013)

(4) Estimasi Parameter

Estimasi parameter pada SEM-PLS diperoleh melalui proses iterasi tiga tahap yaitu estimasi bobot, estimasi jalur kemudian estimasi rata-rata dan lokasi yang diproses oleh tool yaitu Smart-PLS 3.0.

(5) Evaluasi Model

Evaluasi model dalam SEM-PLS dapat dilakukan dengan dua model, yaitu model pengukuran dan model struktural.

a. Model Pengukuran (Outer Model)

Model pengukuran menunjukkan bagaimana indikator mempresentasi variabel laten untuk diukur atau hubungan indikator dengan variabel laten. Untuk model pengukuran variabel laten reflective dapat dievaluasi dengan menguji validitas dan reliabilitas. Untuk menguji validitas dalam model pengukuran terdapat dua validitas, yaitu:

1. Validitas convergent

Dapat dilihat dengan nilai average variance explained (AVE). Indikator dikatakan mampu mempresentasikan variabel laten (valid) ketika nilai AVE > 0,5 atau nilai Loading factor > 0,6 (Latan dan Ghozali, 2012).

2. Validitas discriminant

Dapat dilihat dengan nilai akar kuadrat average variance explained (AVE). Uji reliabilitas dengan cara composite reliability, dapat dilihat nilai *pc*. Secara umum, pengujian Outer Model secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Deskripsi Pengujian Outer Model

Kriteria	Deskripsi
Reliabilitas Komposit	Pengukuran konsistensi internal dengan nilai ≥ 0.6
Reliabilitas Indikator	Loading baku absolut bagian luar dengan nilai > 0.7
AVE	Rata-rata varian ekstrak dengan nilai > 0.5 digunakan sebagai penentu validitas konvergen
Kriteria Fornell Larcker	Digunakan untuk meyakinkan validitas diskriminan, maka AVE untuk setiap variabel laten harus lebih tinggi dari pada R^2 dengan semua variabel laten lainnya. Dengan demikian, masing – masing variabel laten berbagi varian lebih dengan masing-masing blok indikatornya daripada dengan variabel laten lainnya yang mewakili satu blok indikator yang berbeda.
Corss-Loading	Digunakan untuk pengecekan validitas diskriminan selain kriteria di atas. Jika suatu indikator mempunyai korelasi yang lebih tinggi dengan variabel laten lainnya daripada dengan variabel latennya sendiri maka kecocokan model harus dipertimbangkan ulang.

Sumber: Sarwono (2013)

b. Model struktural (Inner Model)

Model struktural untuk menguji hubungan dan pengaruh antar variabel laten yang dievaluasi dengan melihat koefisien parameter jalur (path coefficient parameter) dan nilai R^2 pada variabel endogen. Elavulasi ada tidaknya hubungan ditentukan oleh signifikansi P-value uji T. Jika nilai p-value atau signifikansi lebih dari 0,05 atau 5%, maka itu artinya variabel independen tidak memiliki pengaruh

terhadap variabel dependen walau seperti apapun juga hasil koefisien yang muncul. Hal itu karena dua asumsi untuk mendukung hipotesis tidak terpenuhi, yakni (1) koefisien sesuai dengan arah yang dihipotesiskan dan (2) nilai p-value (sig.) lebih dari 0,05 (Sofyani, 2016).

Tabel 2.5 Deskripsi Pengujian Inner Model

Kriteria	Deskripsi
R ² variabel laten endogenous	<p>Nilai R² sebesar 0,67 dikategorikan sebagai substansial</p> <p>Nilai R² sebesar 0,33 dikategorikan sebagai moderate</p> <p>Nilai R² sebesar 0,19 dikategorikan sebagai lemah</p> <p>Nilai R² sebesar > 0,7 dikategorikan sebagai kuat</p>
Estimasi untuk koefisien jalur	<p>Nilai-nilai yang diestimasi untuk hubungan jalur dalam model struktural harus dievaluasi dalam perspektif kekuatan dan signifikansi hubungan</p>
Ukuran pengaruh f ²	<p>Nilai f² sebesar 0,02 dikategorikan sebagai pengaruh lemah variabel laten prediktor (variabel laten eksogenous) pada tataran struktural</p> <p>Nilai f² sebesar 0,15 dikategorikan sebagai pengaruh cukup variabel laten prediktor (variabel laten eksogenous) pada tataran struktural</p> <p>Nilai f² sebesar 0,35 dikategorikan sebagai pengaruh kuat variabel laten prediktor (variabel laten eksogenous) pada tataran struktural</p>
Relevansi rediksi (Q ² dan q ²)	<p>Nilai Q² > 0 menunjukkan bukti bahwa nilai – nilai yang diobservasi sudah direkonstruksi dengan baik dengan demikian model mempunyai relevansi prediktif. Sedang nilai Q² < 0 menunjukkan tidak adanya relevansi prediktif</p> <p>Nilai q² digunakan untuk melihat pengaruh relatif model struktural terhadap pengukuran observasi untuk variabel tergantung laten</p>

Sumber: Sarwono (2013)

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu dengan topik tutupan lahan, NO₂, dan suhu udara permukaan baik dalam skala mikro ataupun makro telah dilakukan. Wardana (2015) menganalisis suhu permukaan udara untuk perencanaan ruang terbuka hijau di Kota Bandung. Studi menganalisis tanah suhu permukaan ini diekstrak dari citra satelit termal sebagai pertimbangan untuk ruang hijau. Pearson korelasi dihitung antara suhu permukaan dan NDVI, Persentase Landscape (pland) dan Agregasi Index (AI). Rata-rata suhu permukaan telah meningkat selama bertahun-tahun. Komposisi dan konfigurasi tutupan vegetasi memiliki pengaruh yang kuat terhadap suhu permukaan. Penyediaan ruang hijau untuk menurunkan suhu permukaan perlu mempertimbangkan alokasi pohon yang hendaknya berdekatan dengan daerah padat bangunan.

Risalah (2011) menyebutkan bahwa kenaikan suhu juga memiliki korelasi dengan konsentrasi polutan udara di DKI Jakarta. Korelasi antara polutan (NO₂, SO₂, dan NO) dan suhu permukaan daratan menunjukkan adanya asosiasi di antara keduanya. Suhu permukaan daratan yang tinggi dapat dijadikan indikator adanya pencemaran udara di suatu wilayah, sebaliknya pencemaran udara dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya kenaikan suhu permukaan daratan di suatu wilayah. Bryan et al (2013) menjelaskan distribusi suhu dan menentukan korelasinya dengan perubahan luas tata guna lahan di Surabaya. Pengolahan data Landsat menunjukkan terjadi perubahan luas tutupan lahan yang cukup signifikan. Kawasan kawasan vegetasi terjadi penurunan luas sekitar 19395000 m² dan mencakup hanya 9.22% dari total luas kota Surabaya. Dari tahun 1994 sampai 2012 perubahan suhu rata-rata yang tercatat cukup fluktuatif, yaitu terjadi peningkatan sekitar 16°C dari tahun 1994 sampai 2009 kemudian mengalami penurunan sekitar 10°C di tahun 2012. Korelasi terbaik yang didapat dari hasil pengolahan suhu dan tutupan lahan adalah urban (0.974453242) dan vegetasi (-0.75278847).

“Halaman ini sengaja *dikosongkan*”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian ini adalah 30 kota yang tersebar di seluruh propinsi di Indonesia. Gambar 3.1 menjelaskan letak ketiga puluh empat kota tersebut.



Gambar 3.1 Letak Wilayah Penelitian

(infoindonesiakita.com, 2014)

Berikut letak wilayah penelitian secara astronomi dua puluh dua kota yang digunakan sebagai wilayah penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Letak astronomi wilayah penelitian

No	Ibu Kota	Letak Geografis
1	Banda Aceh	0°25' - 0°45' LU dan 101°14'00" - 101°34' BT
2	Medan	3°27' - 3°47' LU dan 98°35' - 98°44' BT
3	Padang	0° 44' - 01° 08' LS dan 100° 05' - 100° 34' BT
4	Pekanbaru	101° 14' - 101° 34' BT dan 0° 25' - 0° 45' LU
5	Tanjung Pinang	104°23' - 104°34' BT dan 0° 51' - 00° 59' LU

6	Jambi	1°30'2,98"-01°40'1,7" LS dan 103° 40'1,67"- 103° 40'0,22" BT
7	Palembang	2°52' - 3°5' LS dan 104°37' -104°52' BT
8	Bengkulu	101°14' - 101°34' BT dan 0°25' - 0°45' LU
9	Bandar Lampung	2°52' - 3°5' LS dan 104°37' -104° 52' BT.
10	Pangkal Pinang	2°4' - 2°10' LS dan 106°4' -106°7' BT
11	Jakarta	106°22'42"-106°58'18" BT dan 5°19'12"-6°23'54"LS.
12	Bandung	6°55' LS dan 107°36' BT
13	Serang	5°99' – 6°22' LS dan 106°07' – 106°25' BT
14	Semarang	07 21 LS dan 112 36 s.d 112 54 BT
15	Yogyakarta	110°24'19"-110°28'53" BT dan 07°15'24"- 07°49'26" LS
16	Surabaya	07 ° 9'00"-07°21'00" LS dan 112°36'- 112°54' BT
17	Denpasar	8°35'31" - 8°40'49" LS dan 115°00'23"-115°16'27" BT
18	Mataram	8°33'-8°38'LS dan 116°04'-116°10' BT
19	Kupang	10°36'14"- 10° 39'58" LS dan 123° 32'23"- 123°37'01"BT
20	Palangkaraya	3°16'46' - 3°22'54" LS dan 114°31'40" - 114°39'55" BT
21	Banjarmasin	3°16'46"- 3°22'54"LS dan 114°31'40" - 114°39'55" BT
22	Samarinda	0 °21'81"-1 °09'16" LU dan 116°15'16"- 117°24'16" BT
23	Manado	1°30'Lu-1°40'LU dan 124°40'-126°40'BT
24	Gorontalo	0°28'17"LU-00°35'56"LU dan 122°59'44"-123°05'59"BT
25	Palu	0°21'81"-1 °09'16" LU dan 116°15'16"- 117°24'16"BT
26	Makassar	119°24'38" BT dan 5°6'19" LS
27	Kendari	3°54'40"- 4°5'05"LS dan 122°26'33"-122°39'14"BT
28	Ambon	3°LS-4°LS dan 128°-129°BT
29	Ternate	2°28'54,51"LU-2°39'58,62"LS dan 124°16'58,62"- 129°40'57,62"BT
30	Jayapura	1°27'LS-3°49'LS dan 137°27'-141°41'BT

Sumber: "Kota Dalam Angka" masing-masing kota (2016)

3.2 Alat dan Bahan

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan bahan berupa data berikut:

3.2.1 Bahan

Seluruh bahan yang digunakan merupakan data sekunder, diantaranya:

1. Data konsentrasi NO₂ dari citra GOME-2 MetOP-A tahun 2007 hingga 2016
2. Data suhu permukaan bumi dari citra Terra MODIS tahun 2007 hingga 2016
3. Data luasan ruang terbuka hijau (RTH) Citra Google Earth tahun 2007 -2016
4. Peta digital administrasi kota wilayah penelitian
5. Data luas administrasi kota wilayah penelitian
6. Data posisi kota wilayah studi (jarak koordinat UTM terhadap khatulistiwa)
7. Data elevasi kota (di atas permukaan air laut) yang kemudian diklasifikasikan menjadi dua kelas yaitu dataran rendah dan dataran tinggi
8. Data proporsi RTH yang didapatkan dari pengolahan data luasan RTH.

Data yang digunakan diklasifikasikan ke dalam dua jenis (variabel eksogen dan endogen) sesuai dengan kebutuhan Analisa SEM-PLS:

- a. Variabel laten eksogen
 1. Polutan gas, dengan variabel indikator konsentrasi NO₂ troposfer
- b. Variabel laten endogen
 1. Meteorologi, dengan variabel indikator suhu permukaan bumi
 2. Elevasi, dengan variabel indikator ketinggian kota terhadap muka air laut dan jenis dataran
 3. Tutupan lahan, dengan variabel indikator luasan RTH dan proporsi luasan RTH
 4. Posisi kota, dengan variabel indikator titik koordinat x, y terhadap garis khatulistiwa.

3.2.2 Alat

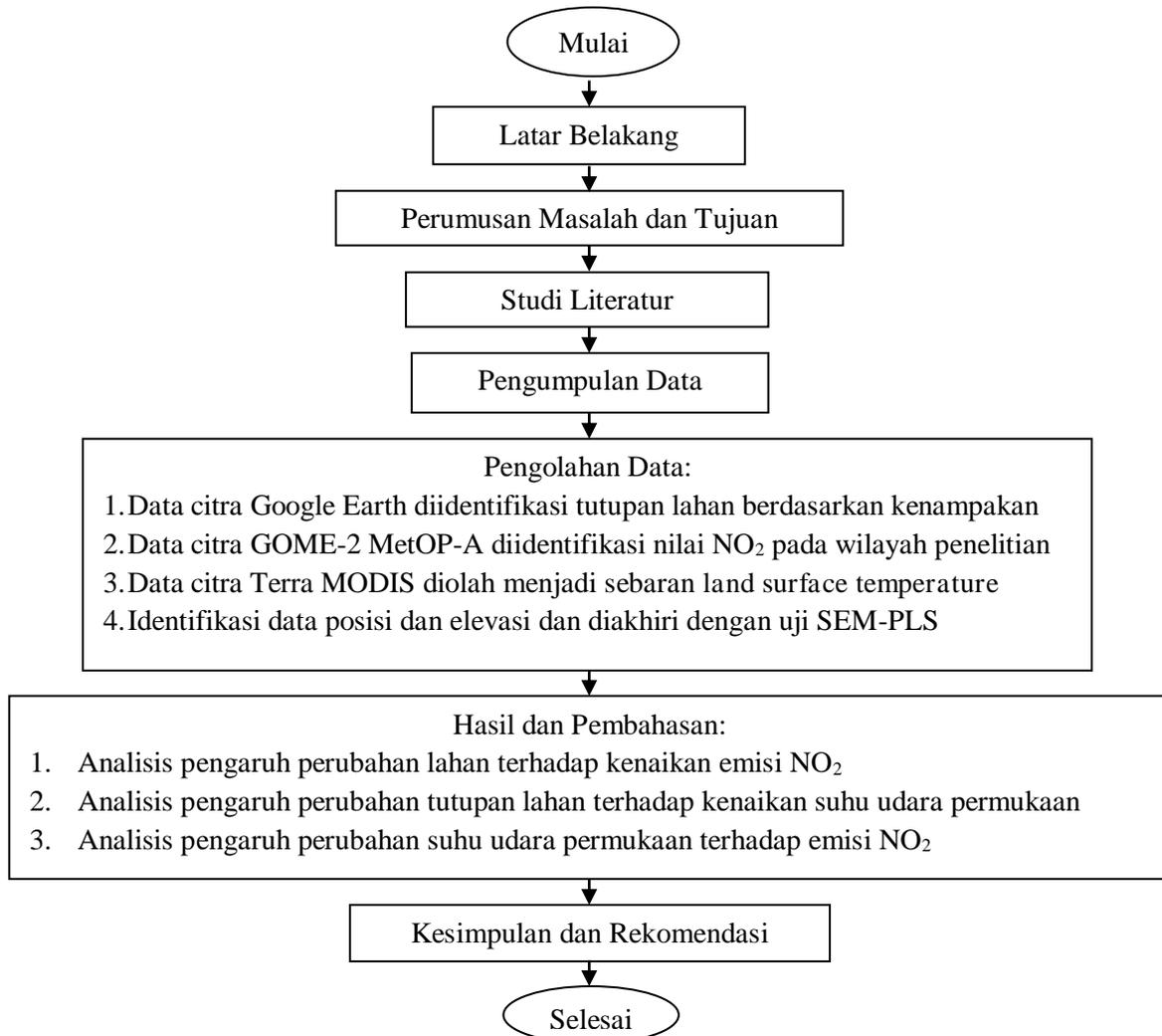
Alat yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis ini berupa software diantaranya seperangkat komputer yang terkoneksi dengan internet, Google Earth untuk mendigitasi tutupan lahan perkotaan, software ArcGIS 10 yang digunakan untuk menganalisa data citra satelit, dan Smart-PLS 3.0 untuk memudahkan uji statistika.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pengambilan data berbasis penginderaan jauh. Data dari Citra Terra-MODIS digunakan untuk mendeteksi suhu permukaan. Data satelit GOME 2 MetOP-A digunakan untuk identifikasi NO_2 . Data interpretasi Citra Google Earth untuk identifikasi tutupan lahan, posisi, dan elevasi kota. Hasil pengumpulan semua data sepuluh tahun terakhir (2007 - 2016) di 30 kota diolah dan dianalisis dengan metode Structural Equation Modeling – Partial Least Square (SEM-PLS)

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan adalah sebagai berikut,

1. Studi Literatur

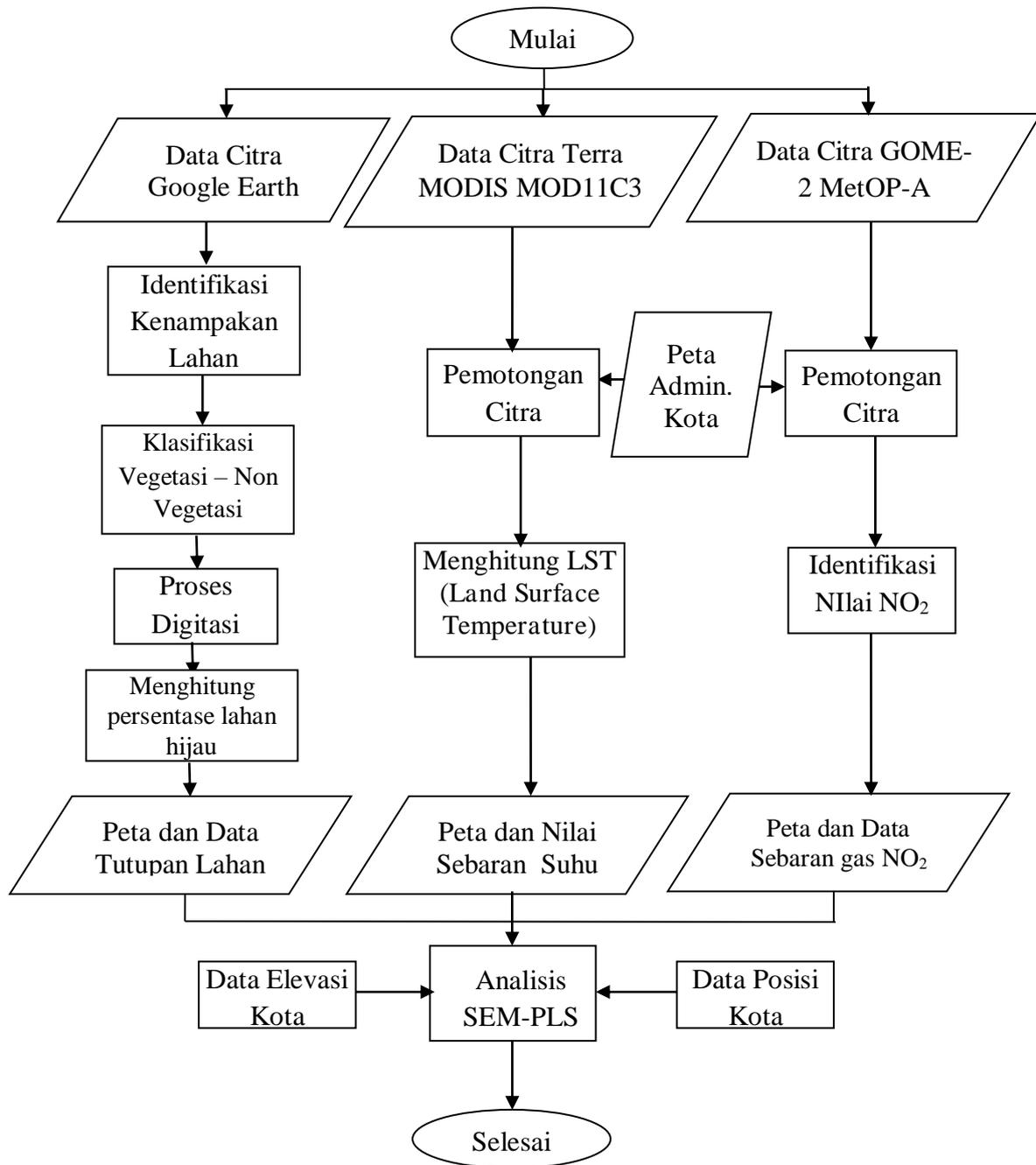
Studi literatur dilakukan terkait dengan semua objek atau variabel penelitian yaitu tentang tutupan lahan, suhu permukaan perkotaan, dan gas NO₂. Studi tentang pengolahan data citra satelit serta aplikasi atau software juga dilaksanakan guna menunjang kemampuan peneliti dalam mengolah data. Studi literatur menggunakan berbagai jenis media antara lain buku, website, jurnal, dan laporan hasil penelitian tugas akhir.

2. Pengambilan Data Citra Satelit

Data NO₂ diambil dari satelit GOME 2 Metop A. data yang diambil adalah data mulai tahun 2007 hingga 2016 akhir. Data pemantauan NO₂ oleh satelit GOME-2 didapat dari produk KNMI (Royal Netherland Meteorological Institute) yang dipublikasikan di website www.temis.nl (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service Project). Data suhu permukaan diambil dari Citra Terra MODIS. Data tutupan lahan diperoleh dari interpretasi citra Google Earth yang diklasifikasikan berdasarkan kenampakan lahan yang didapatkan. Data yang lain yaitu elevasi dan titik koordinat x, y didapatkan dari berbagai media studi literature diantaranya dokumen profil kota oleh BPS dan berbagai web pemerintah kota.

3.4.2 Pengolahan Data Citra Satelit

Berikut pengolahan data yang dilakukan untuk tiga variabel penelitian ini (tutupan lahan, suhu, dan NO₂) terbagi menjadi tiga pengolahan citra satelit yang berbeda. Gambar 3.3 menjelaskan tahapan pengolahan data dengan citra Terra MODIS, GOME-2 MetOP-A, dan Google Earth untuk mendapatkan peta klasifikasi tutupan lahan dan suhu permukaan bumi.



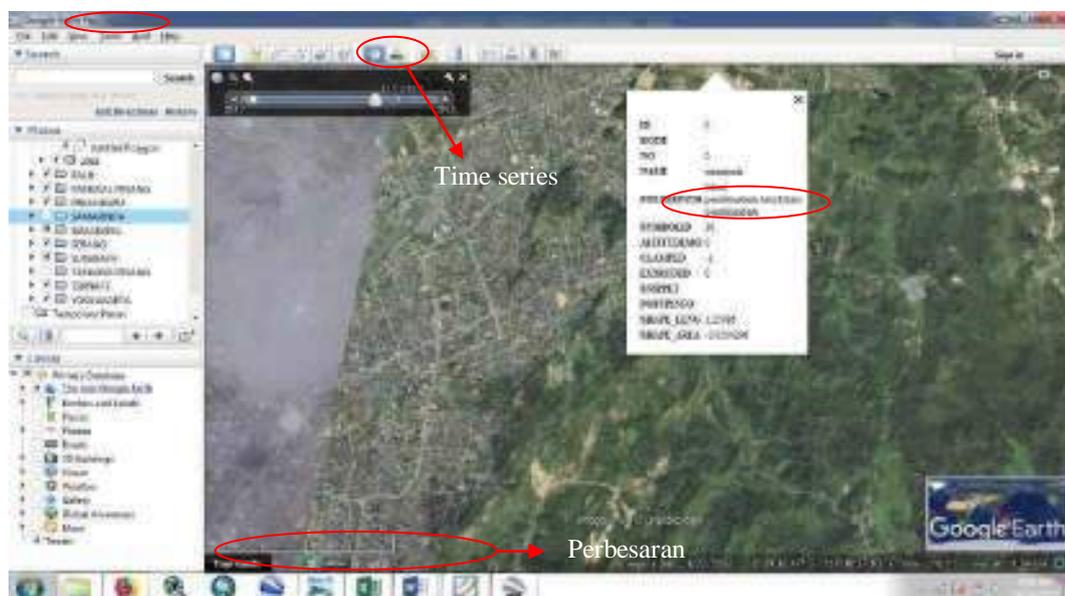
Gambar 3.3 Pengolahan Data Citra Satelit

1. Pengolahan Data Citra Google Earth Untuk Ruang Terbuka Hijau

Data citra Google Earth diklasifikasikan berdasarkan pada kenampakan. tutupan lahan diklasifikasikan ke dalam dua kelas, yaitu non vegetasi dan RTH. Pemilihan kelas didasarkan atas pertimbangan bahwa kelas-kelas ini adalah utama

jenis tutupan lahan yang relevan dengan tujuan penelitian. Berikut adalah tahapan identifikasi dan pengolahan tutupan lahan menggunakan Google Earth:

- a. Siapkan peta digital administrasi (format .shp atau .kml. atau kmz)
- b. Buka Aplikasi Google Earth Pro yang sudah terinstal di dalam PC dan terhubung dengan koneksi internet.
- c. Buka peta administrasi kota di dalam jendela google earth pro sehingga dapat terlihat kota yang akan diidentifikasi lahan hijaunya.
- d. Atur skala dan waktu yang diinginkan. Dalam penelitian ini Google earth diperbesar kenampakan buminya hingga tiap 1cm dalam kenampakan bumi tersebut mewakili kondisi nyata sebesar 200meter dan seri waktu yang dipakai adalah 2007 hingga 2016. Tampilan jendela Google Earth Pro dengan peta yang siap diidentifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.4. Gambar tersebut menggunakan potongan Kota Samarinda tahun 2011 sebagai contoh.



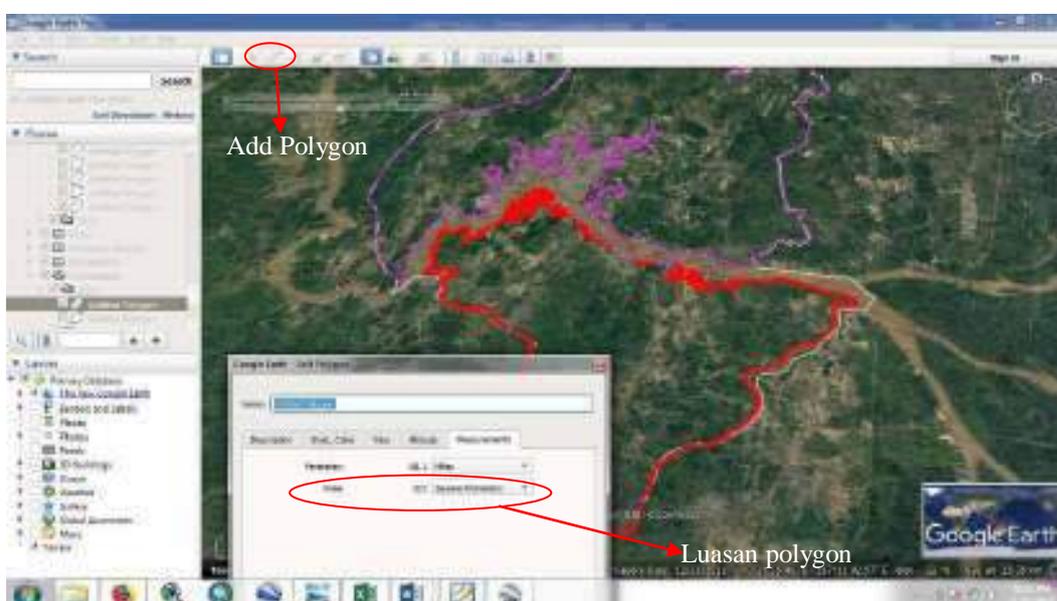
Gambar 3.4 Tampilan Jendela Google Earth Pro

(ArcGIS 10, 2017)

- e. Setelah mendapatkan image yang jelas, identifikasi dapat dimulai dengan mendigit kenampakan peta yang berupa lahan hijau. Digitasi dapat dilakukan dengan membuat polygon sesuai dengan kenampakan lahan hijau

atau RTH tiap kota per tahun. Image yang dipilih adalah yang jelas tidak tertutup banyak awan.

- f. Setelah semua RTH terdigit, hitung luasan per polygon dengan melihat pada properties polygon. Caranya yaitu pada kolom Place klik kanan polygon pilih properties > measurement. Pada kotak dialog measurement akan ditampilkan luas area dengan berbagai satuan luas yang dapat dipilih.
- g. Total luas polygon dapat diketahui dengan menjumlahkan luas tiap polygon yang terbentuk sehingga persentase luasan RTH dapat dihitung. Berikut Gambar 3.5 adalah contoh tampilan jendela yang menjelaskan point e dan f.



Gambar 3.5 Tampilan Jendela Proses Digitasi dan Pengukuran Luas Lahan Hijau (ArcGIS 10, 2017)

2. Pengolahan Data Citra Terra MODIS untuk Suhu Permukaan Bumi

Setelah data citra didownload, interpretasi data dilakukan dengan mengolahnya menggunakan algoritma. Data Terra Modis yang diambil adalah produk MOD11C3 bulanan selama tahun 2007 hingga 2016.

Adapun tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:

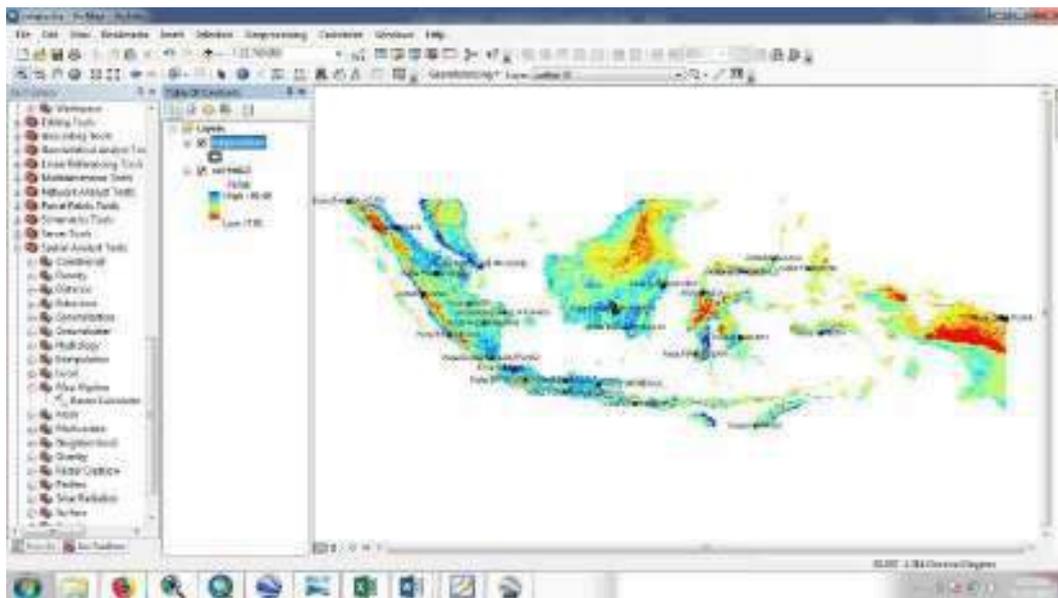
- a. Buka laman <https://lpdaac.usgs.gov/> pilih data set satelit MODIS, kemudian pilih Modis Product Table. Menu ini menyediakan data satelit Modis yang

telah dikemas secara praktis berdasarkan times series. Data tersebut dapat langsung digunakan termasuk data suhu permukaan bumi.

- b. Pada table produk, pilih MOD11C3. Produk tersebut merupakan hasil olahan citra Terra MODIS yang berisi nilai suhu permukaan bumi bulanan. Untuk mendapatkan link download peta sebaran temperature, diperlukan log in dan masuk ke laman NASA Earthdata Search.
- c. Download semua peta perbulan sesuai yang dibutuhkan. Hasil peta selanjutnya diolah pada software ArcGIS 10.
- d. Peta ditampilkan pada worksheet ArcGIS 10, kemudian dioverlay dengan peta administrasi wilayah studi sehingga yang didapatkan hanya peta sesuai wilayah studi.
- e. Berdasarkan panduan pengolahan data Terra MODIS oleh Wan (2006) produk MOD11C3 memiliki skala faktor 0.02 yang digunakan dalam algoritma identifikasi suhu permukaan. Menu Map Calculation dalam ArcGIS digunakan untuk mengkonversi nilai suhu dengan formulasi,

$$\text{Suhu permukaan } (^{\circ}\text{Celcius}) = ([LST_{Day}] * 0.02) - 273.15 \quad (1)$$

- f. Suhu dikonversi dalam satuan derajat celcius kemudian dicari rerata perkota dengan menginput suhu minimum dan maksimum tiap kota kemudian diambil reratanya. Gambar 3.6 pada halaman berikutnya merupakan contoh kenampakan nilai ushu permukaan bumi hasil olahan data citra Terra MODIS.



Gambar 3.6 Olahan Data Suhu Permukaan Citra Terra MODIS
(ArcGIS 10, 2017)

3. Pengolahan Data Citra GOME 2 MetOP-A untuk Konsentrasi NO_2

Data satelit GOME-2 yang memiliki file ekstensi `.grid` dikonversi menjadi file ekstensi `.shp` yang dapat dibaca oleh aplikasi GIS. Data yang sudah dalam bentuk raster tersebut akan memunculkan trend konsentrasi NO_2 di atmosfer berupa gambar peta dengan warna dengan intensitas tertentu. Hasil yang didapatkan dari olahan data dengan aplikasi GIS tersebut berupa konsentrasi NO_2 . Berikut tahapan pengolahan data citra NO_2 :

- a. Mengunduh data NO_2 citra satelit GOME 2 MetOP-A dengan mengunjungi laman www.temis.nl. Pada kolom Air Pollution Monitoring, klik Nitrogen Monoxide (NO_2)
- b. Pilih monthly mean pada Gome 2 MetOp-A. maka akan muncul kota dialog untuk menentukan bulan dan tahun berapa data yang akan didownload. Tentukan Tahun dan Bulan pada kolom global monthly mean. Pilih Esri Grid Format, kemudian download.
- c. Data yang telah didownload kemudian dikonversi dari format `.grid` menjadi format ASCII. Caranya yaitu dengan mengextract file `.rar` hasil unduhan

data total kolom NO₂ dari www.temis.nl. Kemudian rename file dengan format .grd menjadi format .asc

- d. Selanjutnya data diolah dalam software ArcGIS. Input data ASCII ke dalam aplikasi ArcGis dengan cara pilih conversion tool to raster > ASCII to raster pada menu Arctoolbox. Setelah peta sebaran NO₂ muncul, setting intensitas warna pada legenda sesuai yang diinginkan. Angka yang terdapat pada legenda layer adalah nilai NO₂.
- e. Untuk mendapatkan nilai NO₂ pada wilayah studi, peta administrasi berbentuk digital ditampilkan juga pada jendela ArcGIS dan overlay dengan peta sebaran dari citra satelit. Nilai konsentrasi NO₂ perkota didapatkan dari rerata piksel yang memenuhi satu kota tersebut. Besarnya nilai NO₂ didapatkan dengan menggunakan icon identify yang didapatkan dengan klik kanan masing-masing piksel. Hasil piksel yang didapatkan merupakan nilai konsentrasi NO₂ dalam betuk satuan 10¹⁵ molec/ cm². Hasil data tersebut dikonversi satuannya dalam mg/L. Formula yang digunakan untuk proses konversi tersebut dapat dilihat pada persamaan 2 (Khaytonov, 2012):

$$C (mg/L) = 10^7 \left(\frac{molec}{cm^2} \right) \left(\frac{m_{NO_2}}{h \cdot N_A} \right) \quad (2)$$

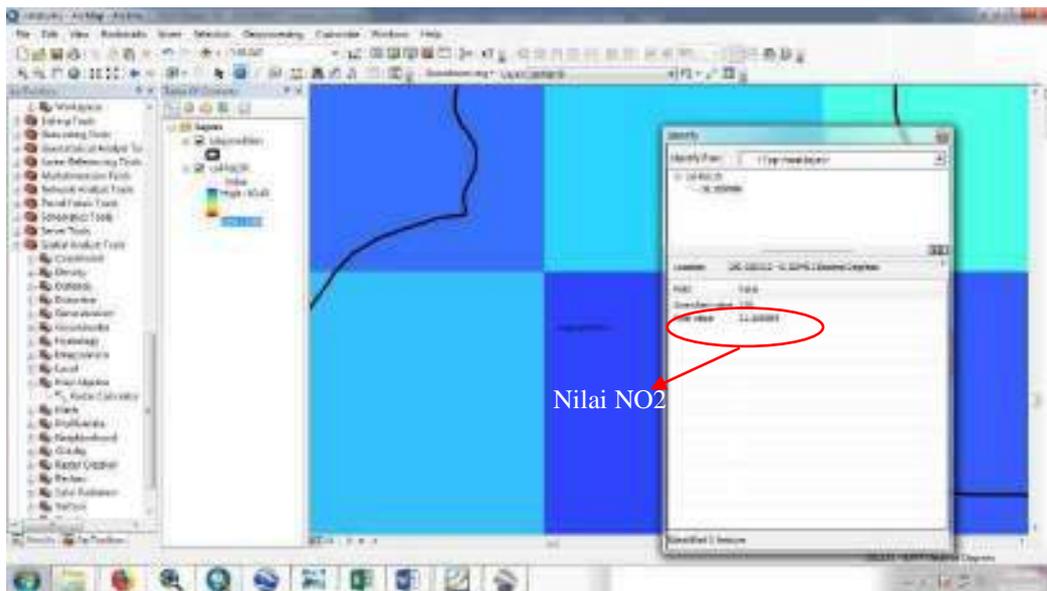
Dimana

m_{NO_2} = 46005.6 mg/mol;

N_A = bilangan Avogadro dengan nilai 6.022 X 10²³ molekul/mol

h = perkiraan ketebalan lapisan tropesfer yaitu 12000 meter

Gambar 3.7 berikut adalah contoh identifikasi nilai NO₂ tiap piksel.



Gambar 3.7 Identifikasi Nilai Konsentrasi NO₂ dari Data Citra Terra MODIS
(ArcGIS 10, 2017)

3.4.3 Metode Analisis Data

1) Analisis Deskriptif

Dalam penelitian ini analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui bagaimana presentase luasan tutupan lahan bervegetasi, derajat suhu permukaan wilayah perkotaan, konsentrasi gas NO₂ pada tahun 2007 hingga 2016. Selain itu analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui elevasi dan posisi kota terhadap garis lintang jarak terhadap garis khatulistiwa.

2) Analisis Multivariat (Analisis SEM-PLS)

a. Konseptualisasi Model

Langkah awal yang dilakukan dalam analisis SEM-PLS adalah konseptualisasi model yang secara umum dapat dilihat pada Bab II.

b. Menggambar Diagram Jalur

Setelah melakukan konseptual model, langkah selanjutnya adalah menggambar diagram jalur dari model yang akan di estimasikan.

c. Estimasi Parameter

Estimasi parameter pada SEM-PLS diperoleh melalui proses terasi tiga tahap (yaitu estimasi bobot, estimasi jalur kemudian estimasi rata-rata dan lokasi).

(1) Estimasi bobot

Estimasi bobot digunakan untuk menetapkan skor atau menghitung data variabel laten. Estimasi bobot (weight estimate) w_{jh} , tipe indikator yang terbentuk adalah reflektif yang telah dibahas pada Bab II.

(2) Estimasi jalur

Estimasi jalur merupakan estimasi yang menghubungkan antar variabel laten dan estimasi loading antara variabel laten dengan indikatornya, yang diperoleh melalui estimasi inner model dan outer model.

(3) Estimasi rata-rata (mean) dan lokasi parameter (konstanta)

Estimasi ini didasarkan pada matriks data asli dan hasil estimasi bobot dan koefisien jalur pada tahap kedua, tujuannya untuk menghitung rata-rata dan lokasi parameter.

Ketiga langkah di atas dilakukan menggunakan software Smart-PLS 3.0.

d. Konversi Diagram Jalur ke dalam Model

Adalah mengkonversikan diagram jalur yang terbentuk ke dalam model pengukuran dan model struktural. Model pengukuran merupakan model yang menspesifikasi hubungan antara variabel laten dengan indikator atau variabel manifes, sedangkan model struktural merupakan model yang menspesifikasi hubungan antar variabel laten.

e. Evaluasi Model

Evaluasi model dalam SEM-PLS dapat dilakukan dengan dua model, yaitu model pengukuran dan model struktural.

(1) Model Pengukuran

Model Pengukuran menunjukkan bagaimana indikator mempresentasi variabel laten untuk diukur atau hubungan indikator dengan variabel laten. Model pengukuran dapat dievaluasi dengan menguji validitas dan reabilitas.

(2) Model Struktural

Model struktural untuk menguji hubungan dan pengaruh antar variabel laten secara detail dapat dilihat kembali pada Bab II.

Kedua langkah evaluasi di atas dilakukan menggunakan software Smart-PLS3.0.

Hasil dari seluruh pengolahan data dengan analisis SEM-PLS diinterpretasikan dan dianalisis secara mendalam dengan mengintegrasikan hasil-hasil penelitian sebelumnya serta teori-teori yang berhubungan.

3.4.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan nantinya mencakup ketiga tujuan yaitu:

- a. Korelasi pengaruh luasan RTH terhadap konsentrasi gas NO₂ dari ketiga kota dalam sepuluh tahun terakhir telah diketahui.
- b. Korelasi pengaruh luasan RTH terhadap suhu permukaan dari ketiga kota dalam sepuluh tahun terakhir telah diketahui.
- c. Korelasi pengaruh perubahan suhu permukaan terhadap konsentrasi gas NO₂ sepuluh tahun terakhir telah diketahui.

Ketiga kesimpulan disajikan dengan menjelaskan besar pengaruh dari nilai persamaan yang diperoleh. Saran dari berbagai aspek dapat membantu penyempurnaan penelitian ini dan penelitian selanjutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Posisi dan Elevasi Kota di Indonesia

Indonesia merupakan negara maritim atau kepulauan dengan posisi yang terletak diantara dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Hindia dan Pasifik). Secara astronomi Indonesia terletak pada posisi koordinat 95° bujur timur (BT) sampai 141° bujur timur (BT) dan 6° Lintang Utara (LU) sampai 11° Lintang Selatan (LS). Garis lintang ini sejajar dengan garis khayal khatulistiwa (equator) dengan letak astronomi 0° yang membentang hingga kutub selatan dan kutub utara. Kota di Indonesia yang tepat dilalui garis khatulistiwa adalah Kota Pontianak. Wilayah studi pada penelitian ini merupakan ibukota setiap propinsi di Indonesia yang tersebar diseluruh pulau besar di Indonesia yang meliputi Pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi, dan Pulau Papua.

Ketiga puluh kota wilayah studi tersebut memiliki ketinggian dataran yang terdiri dari dataran rendah yaitu ketinggian wilayah 200 meter di atas permukaan laut dengan iklim yang lembab dan dataran tinggi yang merupakan dataran yang teletak pada ketinggian > 200meter diatas permukaan laut dengan iklim yang lembab (Widyatmanti dan Natalia, 2008). Berdasarkan posisi wilayah terhadap garis lintang, kota yang menjadi wilayah penelitian tersebar di bagian utara dan selatan garis khatulistiwa. Tabel 4.1 menjelaskan elevasi dan posisi tiga puluh (30) kota wilayah penelitian berdasarkan koordinat Universal Transverse Mercator (UTM).

Tabel 4.1 Elevasi dan Posisi 30 Kota Wilayah Penelitian

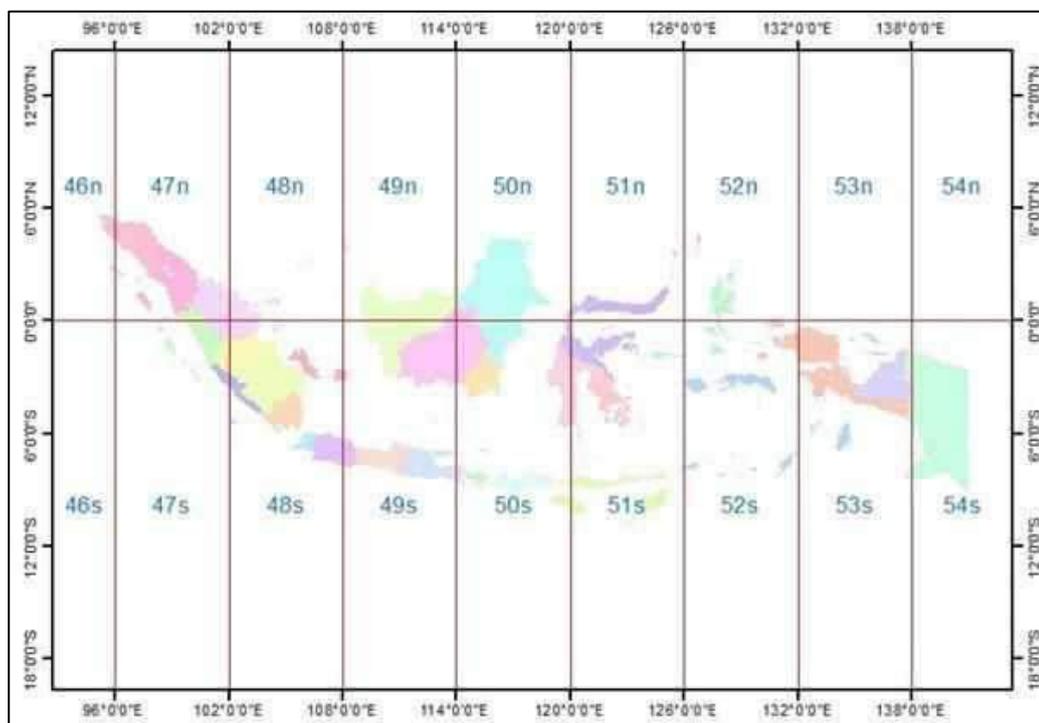
Kota	Koordinat UTM		Zona	Jarak ke g. Khatulistiwa (km)	Elevasi (m dpl)
	x	y			
Band Aceh	757422.44	9382530.55	46S	621	0.8
Pekanbaru	772447.79	9940228.15	47S	60	12
Medan	463597.63	9602632.72	47S	400	24
Jambi	345713.18	9821993.68	48S	179	60

Bengkulu	197574.35	9578458.02	48S	425	50
Bandar Lampung	529542.76	9403451.33	48S	604	300
Pangkal pinang	624209.10	9762528.82	48S	238	50
Palembang	475027.85	9669233.26	48S	334	8
Tanjung pinang	440629.43	9896649.80	48S	106	50
Padang	657696.14	9895301.85	47S	104	500
Serang	628789.52	9324465.81	48S	681	25
Bandung	789438.72	9234574.01	48S	772	700
Semarang	437932.38	9225630.57	49S	779	4
Surabaya	693456.22	9197442.18	49S	809	5
Yogyakarta	430477.73	9138251.80	49S	870	114
Jakarta	706367.56	9317089.12	49S	685	4
Denpasar	303323.41	9041138.07	50S	964	4
Mataram	401022.38	9051803.27	50S	957	25.9
Kupang	566483.26	8874961.58	51S	1132	61.8
Palangkaraya	824142.34	9754763.72	49S	274	50
Samarinda	515979.75	9945318.14	50S	57	8
Banjarmasin	232658.35	9632864.58	50S	370	1
Makassar	769672.24	9430517.41	50S	572	2.5
Palu	820320.90	9900365.70	50S	102	117
Kendari	445914.79	9558040.80	51S	445	7
Gorontalo	506305.30	9939945.29	51S	60	100
Manado	704930.36	9836913.73	51S	166	5
Ternate	318551.65	9914764.96	52S	89	156
Ambon	410139.00	9595905.32	52S	413	3
Jayapura	463192.85	9713536.19	54S	283	287

Sumber: Hasil Analisis dan dokumen “Kota Dalam Angka” (2017)

Tabel 4.1 di atas juga menjelaskan letak zona masing-masing kota berdasarkan astronomi Indonesia terhadap garis khatulistiwa. Semakin rendah titik posisi garis lintang suatu kota maka dapat diartikan bahwa posisi kota tersebut semakin dekat

dengan garis khatulistiwa. Berdasarkan koordinat UTM di Indonesia dibagi menjadi delapan belas (18) zona dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Zona UTM Wilayah Indonesia (gispedia.com, 2016)

Dari pembagian zona tersebut dapat menginformasikan bahwa kota dengan zona berakhiran kode “s” yang artinya south maka posisi kota tersebut berada di selatan garis khatulistiwa. Sebaliknya, kota dengan zona berakhiran kode “n” yang artinya north maka posisi kota tersebut berada di utara garis khatulistiwa.

Elevasi atau ketinggian kota (meter di atas permukaan air laut) yang ditunjukkan Tabel 4.1 menjelaskan bahwa kota di Indonesia berada pada wilayah dataran rendah dan dataran tinggi. Adapun hasil klasifikasi kota tersebut berdasarkan jenis dataran dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Klasifikasi Kota Berdasarkan Elevasi

Dataran Rendah	Banda Aceh, Pekanbaru, Medan, Jambi, Bengkulu, Pangkalpinang, Palembang, Tanjung Pinang, Serang, Semarang, Surabaya, Yogyakarta, Jakarta, Denpasar, Mataram, Kupang Palangkaraya, Samarinda, Banjarmasin, Makassar, Palu, Kendari, Gorontalo, Manado, Ternate, Ambon
Dataran Tinggi	Lampung, Padang, Bandung, Jayapura

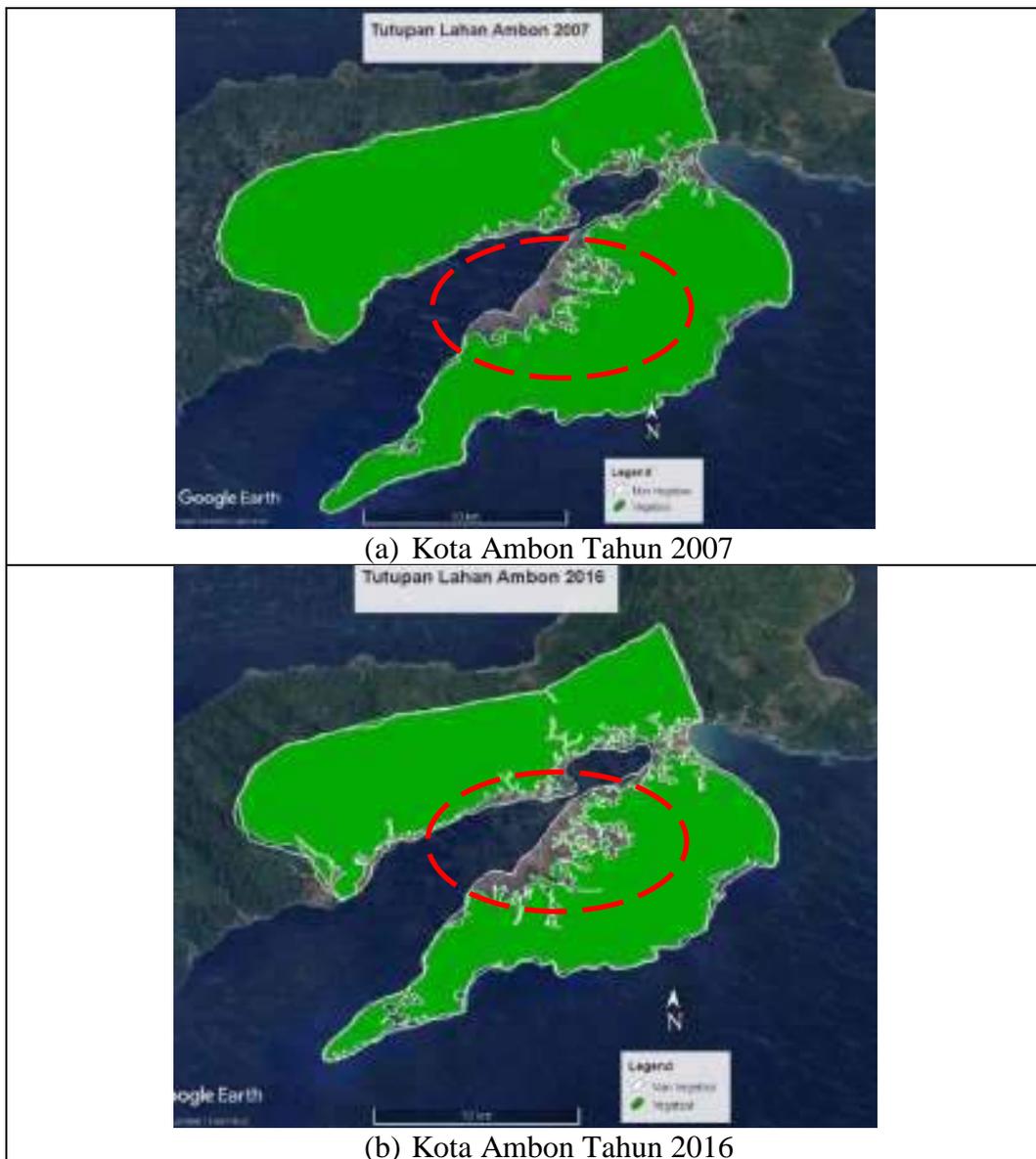
Sumber: Hasil Analisis (2017)

Berdasarkan elevasi kota, didapatkan sebagian besar ibukota propinsi di Indonesia terletak di wilayah dataran rendah.

4.2 Luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota di Indonesia 2007-2016

Identifikasi luasan RTH pada penelitian ini dilakukan melalui proses digitasi menggunakan aplikasi Google Earth Pro. Hasil digitasi memperlihatkan dengan cukup detail kenampakan dari RTH pada tiga puluh kota di Indonesia yang menjadi wilayah studi. Klasifikasi hasil digitasi peta yang dipakai adalah klasifikasi tidak terbimbing dimana peta diklasifikasikan dalam dua kelas yaitu RTH (ruang terbuka hijau, perbukitan, pegunungan, perkebunan, dan sebagainya) dan non-RTH (perairan, pemukiman, industri, perkantoran, jalan, dan sebagainya) namun yang dipakai dalam analisis penelitian adalah luasan RTH saja dan tidak memperhatikan faktor jenis vegetasi ataupun kerapatan vegetasi.

Selama sepuluh tahun perubahan tiap kota berbeda-beda. Penurunan luasan RTH terjadi baik dibagian urban (pusat kota) ataupun rural (pinggiran kota). Jika dalam visualisasi peta perubahan RTH akan terlihat jelas jika dibandingkan dengan interval waktu yang panjang. Misalnya pada penelitian ini perubahan luasan RTH akan tampak jelas jika yang dibandingkan adalah kenampakan luasan RTH pada tahun 2007 dan 2016. Berikut beberapa peta berupa perubahan RTH hasil digitasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Perbandingan Peta Luasan RTH Kota Ambon 2007 dan 2016
(Hasil Olahan Data di ArcGIS 10.0, 2017)

Pada Gambar 4.2 yang diberi tanda lingkaran merah merupakan wilayah yang mengalami penurunan luasan RTH dan merupakan wilayah rural (pinggiran kota). Kota Ambon yang didominasi oleh RTH dan kondisi wilayah pusat kota yang luasannya kecil menjadi salah satu alasan terjadinya perkembangan kota di wilayah rural. Proporsi RTH Kota Ambon selama sepuluh tahun tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Proporsi RTH Kota Ambon 2007-2016

Tahun	Luas Administrasi	Luasan RTH (km ²)	Persentase RTH (%)
2007	299	298.7	99.9
2008		298.7	99.9
2009		297.5	99.5
2010		293	98.0
2011		291.5	97.5
2012		290.5	97.2
2013		290.0	97.0
2014		289.0	96.7
2015		287.52	96.2
2016		285.48	95.5

Sumber: Hasil Analisis (2017)

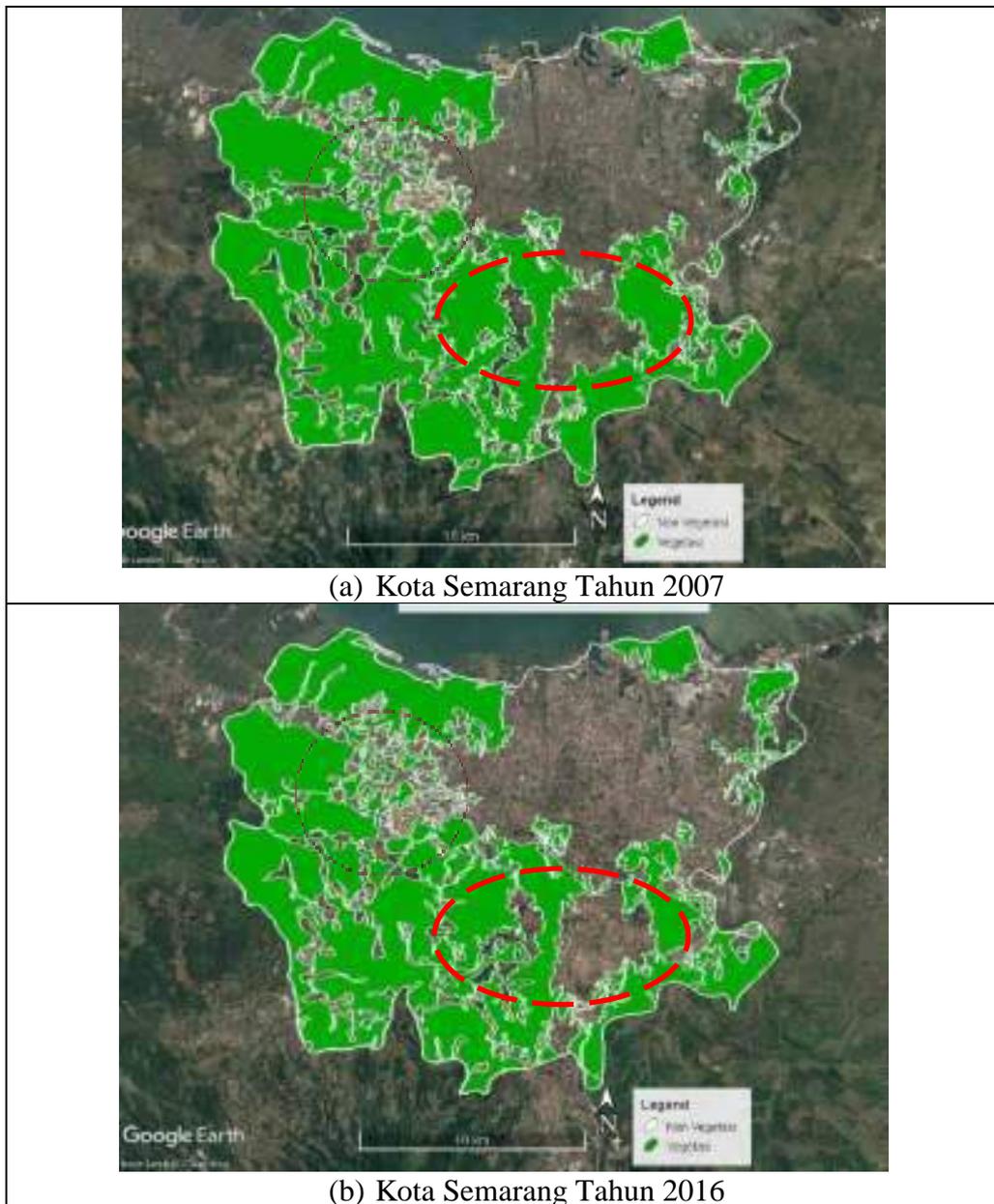
Disamping itu ada kota yang mengalami penurunan luasan RTH pada bagian wilayah pusat kota salah satunya adalah Semarang. Lahan terbangun banyak merubah fungsi RTH. Penurunan proporsi RTH dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Table 4.4 Proporsi RTH Kota Semarang 2007-2016

Tahun	Luas Administrasi	Luasan RTH (km ²)	Persentase RTH (%)
2007	379.9	210.5	55.4
2008		210.5	55.4
2009		211.21	55.6
2010		210.5	55.4
2011		204.72	53.9
2012		202.9	53.4
2013		202.15	53.2
2014		201.86	53.1
2015		201.63	53.1
2016		201.27	53.0

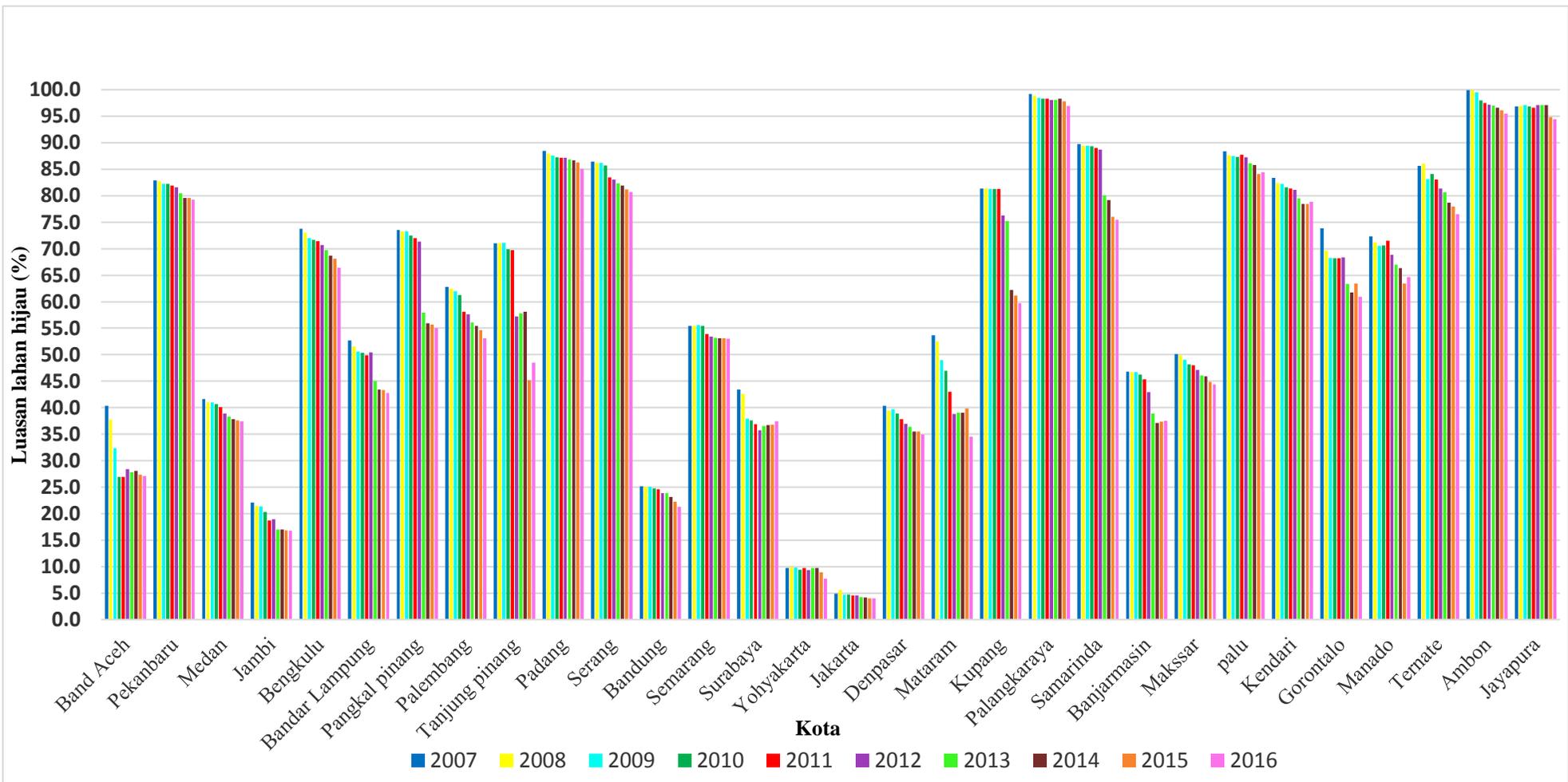
Sumber: Hasil Analisis (2017)

Visualisasi perubahan RTH Kota Semarang yang menunjukkan perubahan pada bagian pusat kota dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perbandingan Peta Luasan RTH Kota Semarang 2007 dan 2016
(Hasil Olahan Data di ArcGIS 10.0, 2017)

Penurunan luasan RTH yang ditandai dengan lingkaran merah tampak pada dua titik wilayah. Hasil proporsi (%) luasan lahan hijau tiap kota dari tahun 2007 hingga 2016 dipresentasikan dalam grafik pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Persentase Tutupan Lahan Hijau 2007-2016
(Hasil analisis, 2017)

Grafik tersebut menjelaskan bahwa hampir keseluruhan 30 kota yang merupakan ibukota propinsi di Indonesia mengalami penurunan luasan lahan hijau (RTH) tiap tahunnya. Rata-rata penurunan luasan ruang terbuka hijau 30 kota selama sebesar 14.56%. Kota dengan persentase penurunan lahan hijau tertinggi adalah Kota Mataram (35.7%), Kota Banda Aceh (32.8%), Kota Kupang (26.6%), Kota Pangkal Pinang (25.2%), dan Kota Jambi (24.2%). Menurunnya luasan lahan hijau tersebut disebabkan alih fungsi lahan menjadi lahan terbangun. Hal ini didukung karena meningkatnya jumlah penduduk dan berbagai aktivitasnya sehingga kota-kota tersebut mengalami pembangunan dan perubahan lingkungan yang dinamis.

Grafik 4.4 menunjukkan bahwa lima kota yang memiliki presentase luasan RTH paling sedikit selama sepuluh tahun terakhir (2007-2016) secara urut yaitu Kota Jakarta (RTH 4.9% turun menjadi 4%), Kota Yogyakarta (RTH 9.7% turun menjadi 7.7%), Kota Jambi (RTH 22.1% turun menjadi 16.7%), Kota Bandung (RTH 25.1% turun menjadi 21.3%), dan Kota Denpasar (lahan hijau 40.3% turun menjadi 34.9%). Ibukota propinsi lainnya yang memiliki persentase luasan lahan hijau (RTH) tertinggi adalah ibukota di wilayah Indonesia Timur dan Kalimantan, lima kota dengan luasan lahan hijau tertinggi adalah Kota Ambon (lahan hijau 99.9% turun menjadi 95.5%), Jayapura (lahan hijau 96.8% turun menjadi 94.5%), Kota Palangkaraya (lahan hijau 99.2% turun menjadi 97%), Kota Samarinda (lahan hijau 89.8% turun menjadi 75.5%), dan Kota Palu (lahan hijau 88.4% turun menjadi 84.4%). Nilai persentase 30 kota selama sepuluh tahun secara detail dapat dilihat pada Lampiran 1.

Jika dilihat dengan jarak waktu lima tahun terakhir yaitu tahun 2012 hingga 2016 tidak semua lahan hijau perkotaan di Indonesia mengalami penurunan luasan. Tabel 4.5 berikut menyajikan pengelompokan kota berdasarkan persentase perubahan lahan hijau selama lima tahun terakhir. Dalam lima tahun terakhir ini ternyata ada wilayah yang mengalami peningkatan luas wilayah dataran hijau. Selama lima tahun terakhir keseluruhan kota mengalami penurunan luasan lahan hijau kecuali Kota Surabaya.

Tabel 4.5 Pengelompokan Kota Berdasarkan Persentase Penurunan Lahan Hijau (RTH) Selama Lima Tahun Terakhir (2012-2016)

Persentase Penurunan	Jumlah Kota	Nama Kota
> 20%	2	Pangkal Pinang, Kupang
10-19.9%	10	Jambi, Bandar Lampung, Tanjung Pinang, Bandung, Jogjakarta, Jakarta, Mataram, Samarinda, Banjarmasin, Gorontalo.
0-9.9%	17	Banda Aceh, Pekanbaru, Medan, Bengkulu, Palembang, Pdang, Serang, Semarang, Denpasar, Palangkaraya, Makassar, Palu, Kendari, Manado, Ternate, Ambon, Jayapura
<0 %	1	Surabaya

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Luasan RTH Kota Surabaya mengalami peningkatan kembali luasan lahan hijau sejak tahun 2012 berturut-turut hingga sekarang. Berdasarkan analisis tutupan lahan hijau berbasis citra google earth pro persentase peningkatan ruang terbuka hijau Kota Surabaya selama lima tahun tersebut mencapai 4,7%.

Bappeko Surabaya (2016) dalam menyatakan bahwa lahan hijau berupa ruang terbuka hijau (RTH) publik mencapai 20,74% dari luas Kota Surabaya dan jika dijumlahkan dengan RTH privat sudah mencapai target 30% sesuai yang ditetapkan oleh peraturan undang-undang pasal 26 tahun 2007. Peningkatan tersebut dapat tercapai karena target dari pengelolaan RTH Kota Surabaya tidak hanya mengoptimalkan fungsi RTH namun juga menambah kuantitas RTH untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup sehingga dapat menunjang kemajuan sektor lainnya di Kota Surabaya.

Persentase luasan lahan hijau kota atau ruang terbuka dan fluktuasinya dipengaruhi banyak faktor. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi adalah luas wilayah, jenis dan bentuk topografi permukaan lahan kota tersebut, jumlah penduduk, perkembangan dan pembangunan kota yang mempengaruhi kepadatan

kota tersebut. Secara social ekonomi faktor yang mempengaruhi adalah kebijakan pembangunan pemerintah, urban sprawl (pemekaran kota yang tidak terkontrol), kebutuhan lahan untuk kegiatan pertanian, dan tumbuhnya pusat-pusat hirarki baru (Pribadi et al.,2006). Beberapa kota yang berada di Pulau Jawa, Bali, Sumatra, dan Nusa Tenggara memiliki kecenderungan perubahan luasan lahan hijau yang disebabkan oleh pembangunan pengembangan kota yang semakin meluas, sedangkan beberapa kota yang berada di Pulau Kalimantan, Sulawesi, dan Papua memiliki kecenderungan perubahan luasan lahan hijau yang disebabkan oleh pembangunan kota dan kegiatan pertambangan.

4.3 Konsentrasi Gas NO₂ Kota di Indonesia Tahun 2007-2016

Konsentrasi gas NO₂ didapatkan dari pengambilan data pengukuran satelit GOME MetOP-A. Satelit METOP-A mengorbit bumi secara polar dengan orbit Low Earth Orbit pada ketinggian 827 km, tepatnya pada NO₂ lapisan troposfer (OSCAR, 2016). Data yang diambil berupa nilai piksel tiap bulan. Setiap pixel warna memiliki nilai yang berda-beda. Nilai pixel gas NO² mempunyai satuan 10¹⁵ molec/cm². Wilayah kota tersebut dapat mewakili gambaran umum kondisi gas NO₂ di Indonesia secara makro dari tahun 2007-2016. Nilai konsentrasi NO₂ minimum, maksimum, dan rerata tiap kota selama sepuluh tahun dapat dilihat pada Tabel 4.6.

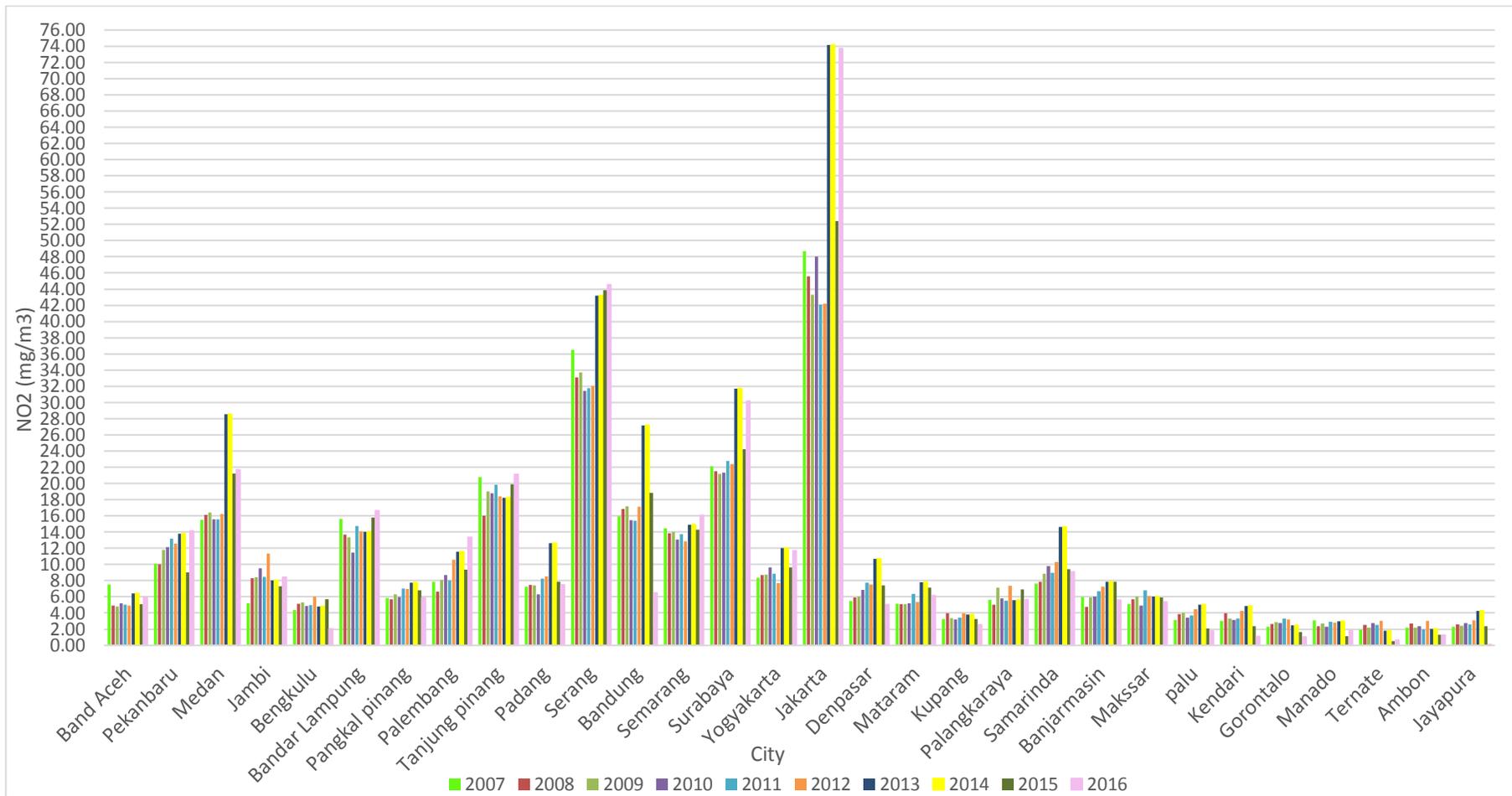
Tabel 4.6 Nilai Minimum, Maksimum, dan Rerata NO₂

Kota	NO ₂ (mg/ m ³) Tahun 2007-2016		
	Minimum	Maksimum	Rerata
Band Aceh	4.81	7.51	5.62
Pekanbaru	9.03	14.11	12.05
Medan	15.53	28.57	19.54
Jambi	5.19	11.33	8.31
Bengkulu	2.05	6.02	4.80
Bandar Lampung	11.44	16.65	14.33
Pangkal pinang	5.72	7.77	6.60

Palembang	6.63	13.36	9.57
Tanjung pinang	16.04	21.12	19.02
Padang	6.30	12.62	8.58
Serang	31.44	44.53	37.34
Bandung	6.46	27.15	17.76
Semarang	12.83	16.09	14.21
Surabaya	21.18	31.70	24.91
Yohyakarta	7.71	12.02	9.73
Jakarta	42.06	74.18	54.42
Denpasar	5.04	10.66	7.33
Mataram	5.06	7.81	6.11
Kupang	2.52	3.99	3.45
Palangkaraya	5.04	7.33	6.02
Samarinda	7.61	14.63	10.10
Banjarmasin	4.75	7.86	6.58
Makassar	4.91	6.81	5.78
Palu	1.73	5.03	3.64
Kendari	1.09	4.88	3.42
Gorontalo	1.00	3.29	2.46
Manado	1.17	3.08	2.51
Ternate	0.55	3.00	1.97
Ambon	1.24	3.01	2.10
Jayapura	0.10	4.27	2.68

Sumber: Hasil Analisis (2017)

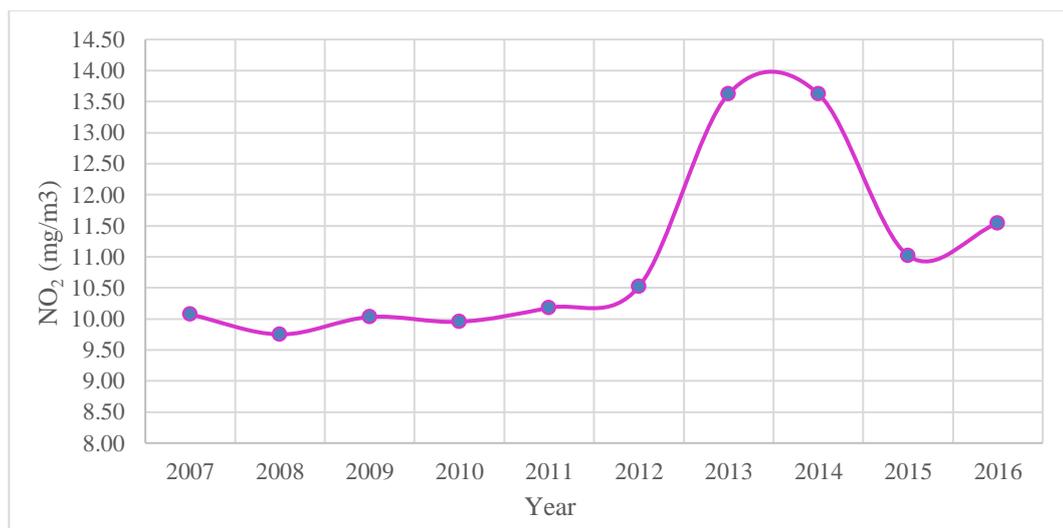
Secara umum nilai konsentrasi gas NO₂ minimum hingga maksimum memiliki range yang cukup jauh. Fluktuasi tiap tahunnya secara detail dapat dilihat grafik pada Gambar 4.5. Rincian nilai NO₂ bulanan terdapat pada Lampiran 2.



Gambar 4.5 Grafik Rata-rata Konsentersasi NO₂ Pertahun (2007-2016)
(Hasil Analisis, 2017)

Selama sepuluh tahun terakhir, secara global gas NO₂ di tiga puluh kota di Indonesia semakin meningkat. Beberapa kota yang memiliki gas NO₂ tertinggi adalah wilayah Pulau Sumatera dan Jawa, sedangkan semakin kearah wilayah kota Indonesia bagian timur, konsentrasi gas NO₂ cenderung lebih rendah. Urutan lima kota yang memiliki rata-rata konsentrasi NO₂ (mg/m³) tertinggi adalah Jakarta (53.2851), Serang (36.7655), Surabaya (24.7604), Bandung (17.1903), dan Tanjung Pinang (19.2710)). Lima kota dengan rata-rata gas NO₂ (mg/m³) yang terkecil secara berurutan yaitu Ternate (0.20678), Ambon (0.21203), Gorontalo (0.25028), Manado (0.25163), dan Jayapura (0.25531). Selama sepuluh kota mengalami naik turun konsentrasi NO₂ akibat aktivitas antropogenik terutama dari sector transportasi. Tahun 2014 menjadi puncak tahun emisi NO₂ tertinggi hampir keseluruhan kota.

Menurut Supriyadi (2009) proses dispersi NO₂ di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi (radiasi matahari, suhu, distribusi angin, dan kelembaban udara. Namun demikian sumber pencemar dari kegiatan antropogenik menjadi penyebab utama dalam peningkatan produksi NO₂ terutama dari sektor transportasi. Rata-rata keseluruhan kondisi NO₂ troposfer di Indonesia berdasarkan nilai rata-rata dari tiga puluh kota tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Grafik Rata-rata NO₂ troposfer di Indonesia 2007-2016
(Hasil Analisis, 2017)

Grafik pada Gambar 4.8 menjelaskan bahwa puncak NO₂ tertinggi di Indonesia berada pada tahun 2014. Selama sepuluh tahun tersebut NO₂ di Indonesia cenderung meningkat dengan kenaikan sebesar 18.49%. Word Bank (1997) dalam dokum pencegahan polusi udara menyatakan bahwa nitrogen dioksida pada perkotaan beban gas NO₂ bervariasi sesuai dengan waktu, musim, dan kondisi meteorologi. Umumnya konsentrasi NO₂ di perkotaan meningkat pada pagi hari dan siang hari. Selain karena pada waktu tersebut merupakan waktu puncak aktivitas antropogenik terutama transportasi dan penggunaan bahan bakar kegiatan lainnya, kondisi tersebut merupakan waktu dengan intensitas matahari yang lebih tinggi sehingga laju peningkatan konsentrasi NO₂ lebih tinggi.

4.4 Suhu Permukaan Kota di Indonesia Tahun 2007-2016

Pengolahan data suhu permukaan dari citra satelit Terra MODIS mulai tahun 2007 hingga 2016. Satelit Terra MODIS mengorbit bumi secara polar pada ketinggian sekitar 800 km (Pusat Meteorologi Publik, 2011). Nilai suhu akhir yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari suhu minimum dan suhu maksimum bulanan data Terra MODIS level III MOD11C3 yang diakses pada laman https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod11c3_v006. Data tersebut diolah dan dikonversi dalam satuan SI suhu yaitu celcius dengan bantuan aplikasi GIS. Hasil nilai suhu (°Celcius) permukaan pada kota tiap bulannya bervariasi. Tabel 4.7 menjelaskan suhu minimum, maksimum, dan rerata tiap kota dalam sepuluh tahun.

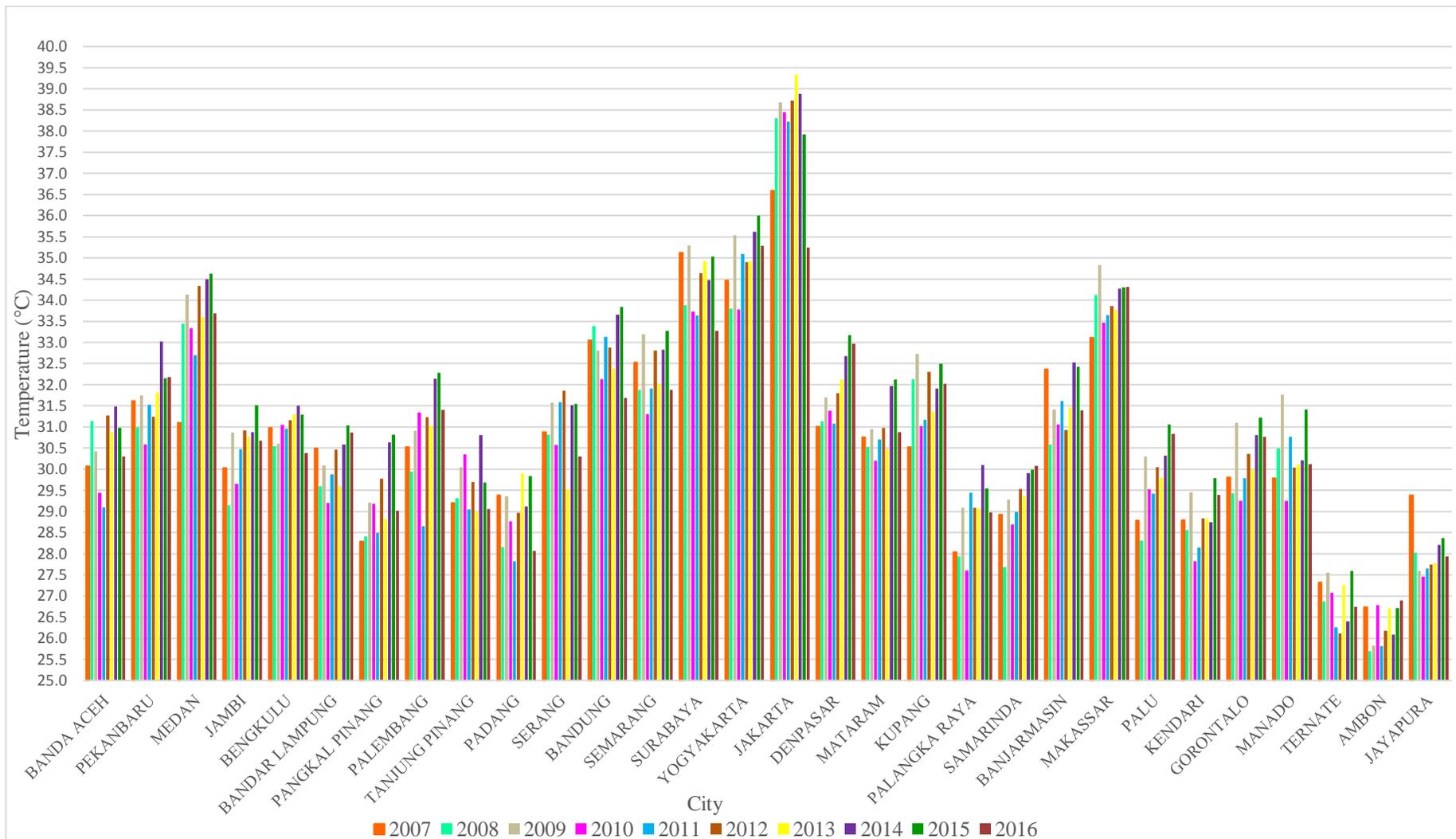
Tabel 4.7 Suhu Minimum, Maksimum, dan Rata-rata Tiga Puluh Kota

Kota	Suhu (°Celcius) Tahun 2007-2016		
	Minimum	Maksimum	Rerata
Band Aceh	29.1	31.5	30.5
Pekanbaru	30.6	33.0	31.7
Medan	31.1	34.6	33.5
Jambi	29.1	31.5	30.5

Bengkulu	30.4	31.5	31.0
Bandar Lampung	29.2	31.0	30.2
Pangkal pinang	28.3	30.8	29.3
Palembang	28.7	32.3	30.9
Tanjung pinang	29.0	30.8	29.6
Padang	27.8	29.9	28.9
Serang	29.5	31.9	31.0
Bandung	31.7	33.8	32.9
Semarang	31.3	33.3	32.4
Surabaya	33.3	35.3	34.4
Yogyakarta	33.8	36.0	34.9
Jakarta	35.2	39.3	38.0
Denpasar	31.0	33.2	31.9
Mataram	30.2	32.1	31.0
Kupang	30.5	32.7	31.8
Palangkaraya	27.6	30.1	28.9
Samarinda	27.7	30.1	29.2
Banjarmasin	30.6	32.5	31.6
Makassar	33.1	34.8	34.0
Palu	28.3	31.1	29.8
Kendari	27.8	29.8	28.8
Gorontalo	29.2	31.2	30.3
Manado	29.2	31.8	30.4
Ternate	26.1	27.6	26.9
Ambon	25.7	26.9	26.3
Jayapura	27.5	29.4	28.0

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Perubahan suhu permukaan perkotaan selama sepuluh tahun dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan detail suhu rata-rata bulanan dapat dilihat pada Lampiran 3.

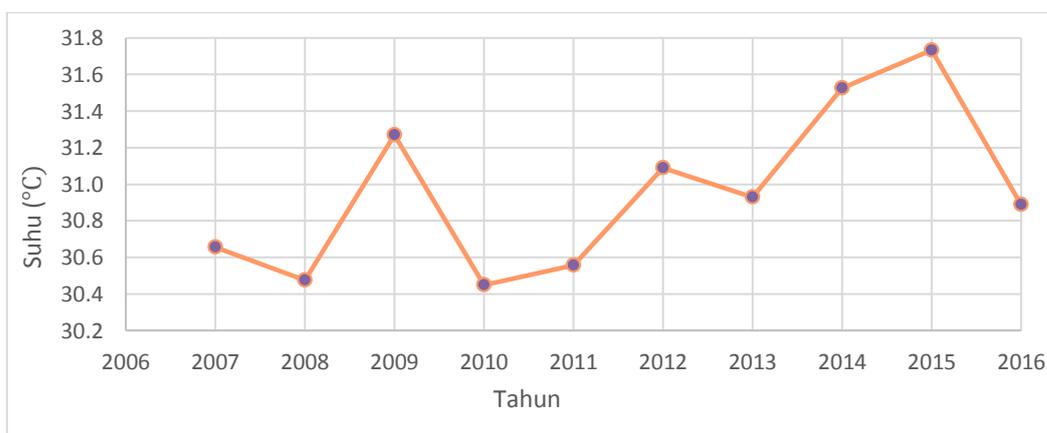


Gambar 4.7 Grafik Perubahan Suhu Permukaan Kota di Indonesia (2007-2016)
(Hasil Analisis, 2017)

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dijelaskan pula kota dengan suhu permukaan yang tertinggi dan terendah. Kota dengan suhu permukaan tertinggi yaitu Jakarta dengan rata-rata suhu permukaan 38°C, Yogyakarta dengan rata-rata suhu permukaan 34.9°C, Surabaya dengan rata-rata suhu permukaan 34.4°C, Makassar dengan rata-rata suhu permukaan 34°C, Medan dengan rata-rata suhu permukaan 33.5°C. Beberapa kota dengan suhu terendah adalah Ambon dengan rata-rata suhu permukaan 26.3°C, Ternate dengan rata-rata suhu permukaan 26.9°C, Jayapura dengan rata-rata suhu permukaan 28°C, Manado dengan rata-rata suhu permukaan 28.8°C, dan Padang dengan rata-rata suhu permukaan 28.9 °C.

Kondisi tersebut dapat menjelaskan bahwa suhu permukaan tinggi terjadi di sebagian besar kota di Pulau Jawa dengan kepadatan dan aktivitas kota yang tinggi. Selain itu, kota di Pulau Jawa cenderung memiliki topografi berupa dataran rendah. Kota dengan suhu rendah cenderung merupakan kota di Indonesia bagian Timur atau merupakan kota dengan topografi berupa dataran tinggi atau berupa perbukitan dan pegunungan. Jika dibandingkan dari segi kepadatan pembangunan dan perkembangan kota, kota dengan suhu tinggi cenderung memiliki kepadatan pembangunan lebih tinggi daripada kota dengan suhu permukaan rendah.

Setiap tahun suhu permukaan mengalami perubahan. Suhu udara permukaan di tiga puluh kota tersebut berada pada interval 25-40 °C. Grafik rata-rata suhu di Indonesia tiap tahun dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Suhu Permukaan Rata-rata di Indonesia (2007-2016)
(Hasil Analisis, 2017)

Selama sepuluh tahun tersebut, sebagian besar kota mengalami suhu udara yang tertinggi yaitu pada tahun 2014 dan 2015. Tahun 2010 dan 2011 sebagian besar cenderung mengalami penurunan suhu.

Suhu permukaan perkotaan yang meningkat atau memanas merupakan salah satu bentuk akibat dari perubahan iklim global. Perubahan iklim sendiri adalah perubahan kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Perubahan iklim sebenarnya sesuatu fenomena yang wajar karena dahulu terjadi karena faktor alam, namun dalam kurun waktu beberapa tahun ini perubahan iklim membawa dampak negatif karena penyebab perubahan iklim adalah kegiatan antropogenik. Di Indonesia perubahan iklim ditunjukkan oleh adanya 4 hal, yaitu (Hairiah et al., 2016):

- (a) Peningkatan suhu rata-rata per tahunnya sekitar $0,3^{\circ}\text{C}$,
- (b) Curah hujan tahunan cenderung menurun sekitar 2-3%,
- (c) Berubahnya rata-rata curah hujan, di wilayah bagian selatan Indonesia cenderung menurun dan di bagian utara cenderung meningkat,
- (d) Terjadi pergeseran musim (penghujan dan kemarau).

Peningkatan suhu permukaan bumi terutama di wilayah perkotaan yang menjadi pusat sumber kegiatan antropogenik berdampak pada banyak aspek kehidupan. Dampak tersebut diantaranya peningkatan konsumsi energi diantara tuntutan pembangunan gedung terus menerus, penggunaan energi dalam pemakaian AC, kipas angin, dan meningkatnya kebutuhan menggunakan alat transportasi bermotor, meningkatnya ancaman kelaparan akibat penurunan produksi tanaman atau gagal panen, sebagai akibat dari evaporasi yang berlebihan sehingga ketersediaan air sangat terbatas, serangan hama dan penyakit yang meningkat. Dampak secara tidak langsung lainnya adalah meningkatnya serangan wabah penyakit malaria, demam berdarah, diare, dan sebagainya.

4.5 Analisis Structural Equation Modeling -Partial Least Square (SEM-PLS)

4.5.1 Konseptualisasi Model

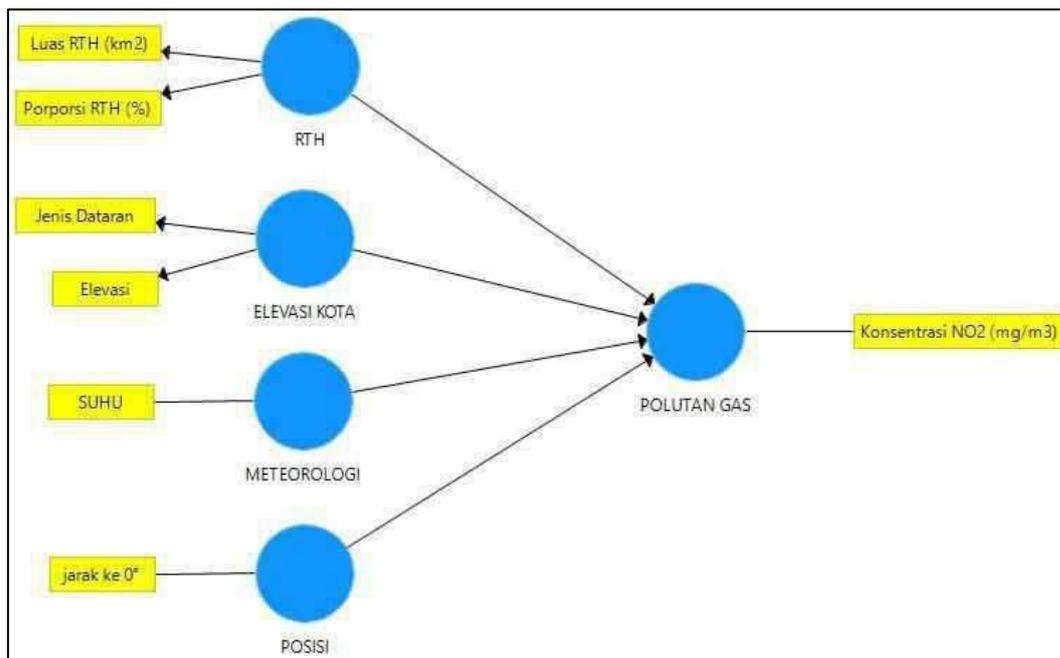
Langkah awal adalah mengkonsep variabel laten dan variabel indikator. Adapun variabel laten dan indikator yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Variabel Laten dan Indikatornya

Variabel Laten	Variabel Indikator
Meteorologi	Suhu permukaan perkotaan
Polutan gas	Nitrogen dioksida (NO ₂)
Elevasi	Ketinggian elevasi; jenis dataran (tinggi atau rendah)
RTH	Proporsi (%) RTH, dan Luas RTH (km ²)
Posisi	Jarak ke 0° khatulistiwa;

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Dari variabel tersebut ditentukan arah jalur pengaruhnya dalam diagram jalur pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram Jalur Variabel Laten dan Indikator

(Smart-PLS 3.0, 2017)

Sebelum mengkaji lebih jauh untuk analisis SEM-PLS, setiap variabel diuji kevalidannya. Validitas konvergen tersebut diuji berdasarkan nilai loading factor. Jika nilai tersebut kurang dari 0.7 maka variabel tersebut perlu dihilangkan. Tabel 4.9 berikut merupakan hasil uji validitas konvergen.

Tabel 4.9 Hasil Uji Validitas Konvergen (Loading Factor)

	ELEVASI KOTA	METEOROLOGI	POLUTAN GAS	POSISI	RTH
Elevasi	0.986				
Jenis Dataran	-0.951				
Konsentrasi NO2 (mg/m3)			1.000		
Luas RTH (km2)					0.697
Porporasi RTH (%)					0.970
SUHU		1.000			
jarak ke 0°				1.000	

Sumber: Smart-PLS 3.0 (2017)

Berdasarkan hasil uji validitas konvergen pada Tabel 4.7 maka ada variabel yang harus dihilangkan karena ketidak validannya. Variabel tersebut adalah indikator jenis dataran dan Luas RTH yang memiliki loading factor lebih kecil daripada 0.7. Analisis SEM-PLS selanjutnya adalah mengulang kembali langkah dari awal tanpa mengikutsertakan variabel yang tidak valid tersebut kedalam analisis. Tabel 4.10 menjelaskan pengulangan konsep penentuan variabel laten dan indikatornya.

Tabel 4.10 Variabel-variabel dalam Model SEM-PLS

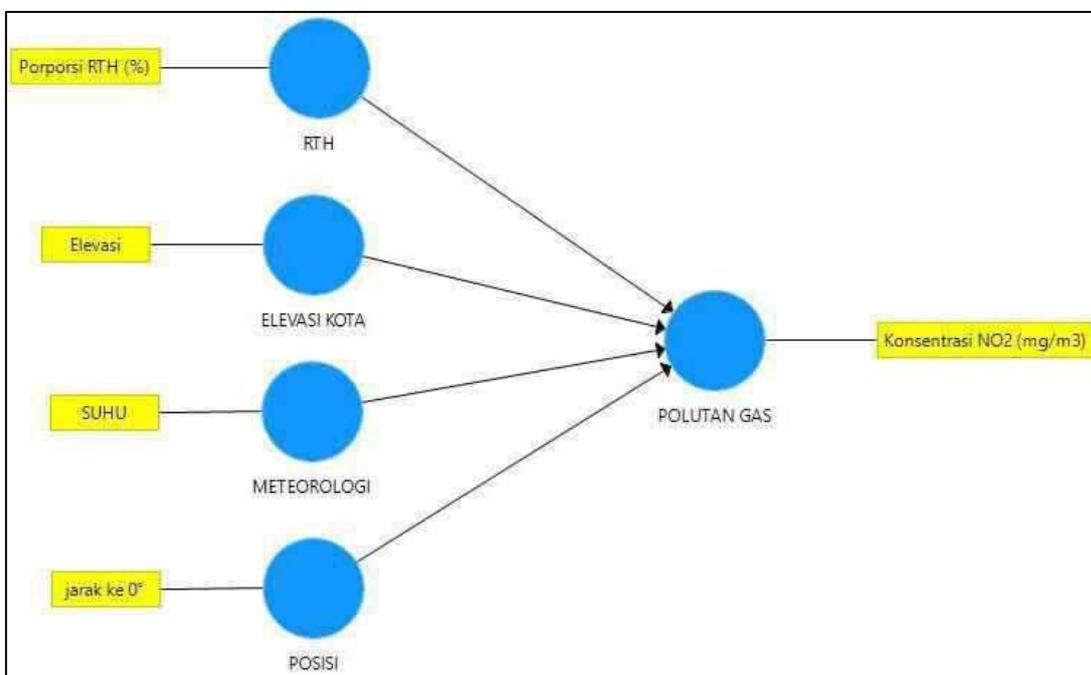
Variabel Laten	Variabel Indikator
Meteorologi (η_1)	Suhu permukaan perkotaan (y_1)
Polutan gas (η_2)	Nitrogen dioksida (NO ₂) (y_2)
Elevasi (ξ_1)	Ketinggian elevasi (x_1)
RTH (ξ_2)	Persentase RTH (x_2)
Posisi (ξ_3)	Jarak ke 0° khatulistiwa (x_3)

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Selanjutnya menentukan arah kausalitas antar variabel laten yang menunjukkan hubungan yang dihipotesiskan. Dalam model SEM-PLS memiliki satu arah kausalitas.

4.5.2 Menggambar Diagram Jalur

Berdasarkan penentuan variabel laten dan variabel indikator dan arah kausal tersebut, diagram jalur atau model struktural dapat dibentuk. Diagram model struktural dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram Jalur SEM-PLS

(Hasil Analisis, 2017)

4.5.3 Estimasi Parameter

Estimasi parameter pada SEM-PLS diperoleh melalui proses iterasi tiga tahap yaitu estimasi bobot, estimasi jalur kemudian estimasi rata-rata dan lokasi yang dilakukan dengan Software SMART-PLS 3.0 yang digunakan dalam pengevaluasian model dan pembentukan model.

4.5.4 Evaluasi Model

Evaluasi model dalam SEM-PLS dapat dilakukan dengan dua model, yaitu model pengukuran dan model struktural.

(1) Evaluasi Outer Model (Model Pengukuran)

Model pengukuran menunjukkan bagaimana indikator mempresentasikan variabel laten untuk diukur atau hubungan indikator dengan variabel laten dengan menguji validitas dan reliabilitas.

a. Pengujian Validitas Convergent

Pengujian validitas yang pertama adalah validitas convergent masing-masing variabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

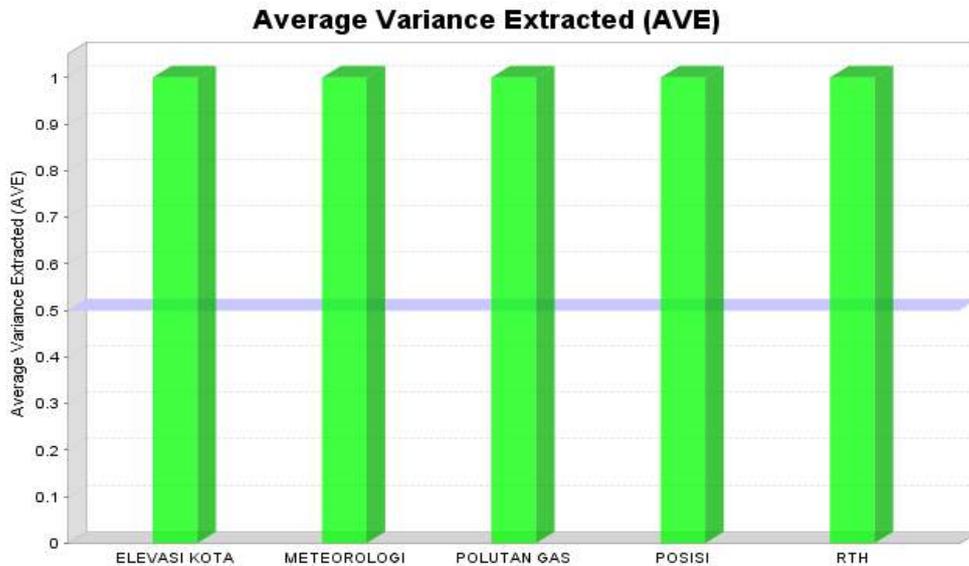
Tabel 4.11 Hasil Validitas Konvergen Variabel

	Elevasi	Meteorologi	Polutan gas	Posisi	RTH	Keterangan
Elevasi	1.000					Valid
NO₂			1.000			Valid
Suhu		1.000				Valid
Jarak ke 0°				1.000		Valid
Proporsi RTH (%)					1.000	Valid

Sumber: Output SMART-PLS 3.0 (2017)

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa nilai loading dari semua variabel > 0,7 artinya semua variabel tersebut valid dalam mengukur masing-masing variabel laten.

Uji validitas konvergen berikutnya adalah dengan pengujian nilai Average Variance Extracted (AVE), yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Nilai Average Variance Extracted (AVE)
(SMART-PLS 3.0, 2017)

Gambar 4.11 di atas menunjukkan bahwa nilai AVE seluruh variabel adalah 1.000 (nilai AVE > 0,5) sehingga dapat disimpulkan seluruh indikator masing-masing valid.

b. Pengujian Validitas Discriminant

Pengujian validitas yang kedua adalah validitas discriminant masing-masing variabel laten. Hasil uji validitas diskriminan disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai Cross Loading Discriminan Validity

	ELEVASI KOTA	METEOROLOGI	POLUTAN GAS	POSISI	RTH
Elevasi	1.000	-0.083	-0.050	-0.027	-0.006
Konsentrasi NO2 (mg/m3)	-0.050	0.438	1.000	0.261	-0.360
Porporasi RTH (%)	-0.006	-0.577	-0.360	-0.495	1.000
SUHU	-0.083	1.000	0.438	0.404	-0.577
jarak ke 0°	-0.027	0.404	0.261	1.000	-0.495

Sumber: Output SMART-PLS 3.0 (2017)

Indikator dikatakan valid dalam pengujian validitas discriminant apabila suatu indikator mempunyai nilai Cross Loading > pada variabel laten yang diukurinya dari pada dengan variabel laten lainnya. Berdasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa:

- (1) Nilai cross loading variabel indikator elevasi terhadap laten elevasi (1.000) > dari indikator elevasi terhadap laten meteorologi, polutan gas, RTH, dan posisi (-0.083, -0.050, 0.007, dan -0.006)
- (2) Nilai cross loading variabel indikator konsentrasi gas NO₂ terhadap laten polutan gas (1.000) > dari indikator NO₂ terhadap laten elevasi, meteorologi, RTH, dan posisi (-0.050, 0.438, -0.360, dan 0.261)
- (3) Nilai cross loading variabel indikator suhu terhadap laten meteorologi (1.000) > dari indikator suhu terhadap laten elevasi, polutan gas, RTH, dan posisi (-0.083, 0.438, -0.577, dan 0.495)
- (4) Nilai cross loading variabel indikator jarak-khatulistiwa terhadap laten posisi (1.000) > dari indikator NO₂ terhadap laten elevasi, meteorologi, RTH, dan polutan gas (-0.038, 0.577, -0.483, dan 0.404)
- (5) Nilai cross loading variabel indikator proporsi RTH terhadap laten RTH (1.000) > dari indikator vegetasi terhadap laten elevasi, meteorologi, posisi, dan polutan gas (0.006, -0.577, -0.495, dan -0.360)

Sehingga hasil uji validitas diskriminan seluruh variabel adalah valid.

c. Pengujian Reliabilitas

Reliabilitas merupakan ukuran konsistensi internal dari indikator-indikator sebuah variabel. Variabel dikatakan cukup bagus reliabilitasnya apabila variabel tersebut mempunyai composite reliability lebih besar dari 0,6. Hasil pengujian reliabilitas disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Pengujian Reliabilitas

Construct Reliability and Validity			
	Cronbach's Alpha	rho_A	Composite Reliability
ELEVASI	1.000	1.000	1.000
METEOROLOGI	1.000	1.000	1.000
POLUTAN GAS	1.000	1.000	1.000
POSISI	1.000	1.000	1.000
RTH	1.000	1.000	1.000

Sumber: Output SMART-PLS 3.0 (2017)

Berdasarkan uji reliabilitas semua variabel laten di atas memiliki nilai reliabilitas komposit $> 0,6$ sehingga variabel laten yang digunakan benar-benar dapat dipercaya dan mampu mengukur indikatornya.

d. Pengujian Multikolinieritas

Seluruh variabel pengukuran harus diuji ada tidaknya multikolinieritas menggunakan Variance Inflation Factor (VIF) yang disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Nilai Variance Inflation Factor (VIF)

Outer VIF Values

	VIF
Elevasi	1.000
Konsentrasi NO2	1.000
Porporasi RTH (%)	1.000
SUHU	1.000
jarak ke 0°	1.000

Inner VIF Values

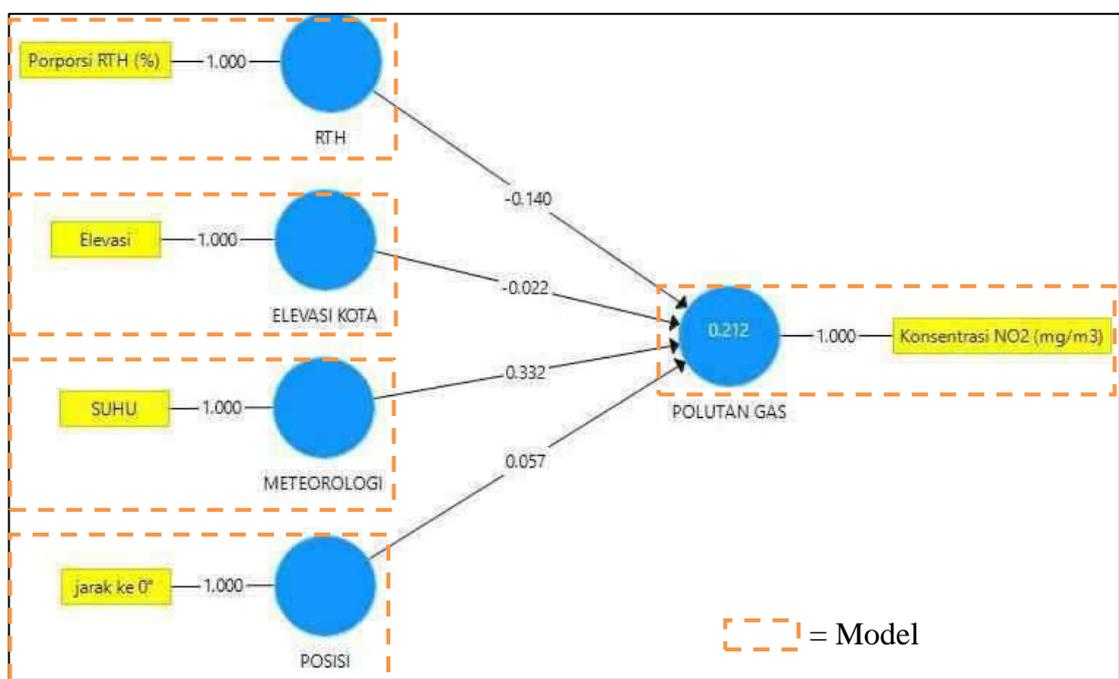
	ELEVASI KOTA	METEOROLOGI	POLUTAN GAS	POSISI	RTH
ELEVASI KOTA			1.012		
METEOROLOGI			1.558		
POLUTAN GAS					
POSISI			1.362		
RTH			1.716		

Sumber: Smart-PLS 3.0 (2017)

Seluruh variabel baik dalam model struktur ataupun pengukuran didapatkan nilai $VIF < 10$, sehingga tidak terjadi multikolinieritas antar variabel.

e. Model Pengukuran (Outer Model) yang Terbentuk

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data melalui SMART-PLS 3.0 maka persamaan model dapat dibentuk berdasarkan Loading Factor masing-masing variabel. Model yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Model Pengukuran dari Masing-Masing Variabel Laten
(Output SMART-PLS 3.0, 2017)

Model pengukuran yang terbentuk dari masing-masing variabel laten hanya memiliki satu (1) variabel pengukuran sehingga dalam penelitian ini setiap variabel dipengaruhi satu variabel indikator atau satu pengukuran.

(2) Evaluasi Inner Model (Model Struktural)

Pengujian model struktural dilakukan untuk melihat nilai signifikansi dan R^2 dari model penelitian. Model struktural dievaluasi dengan menggunakan

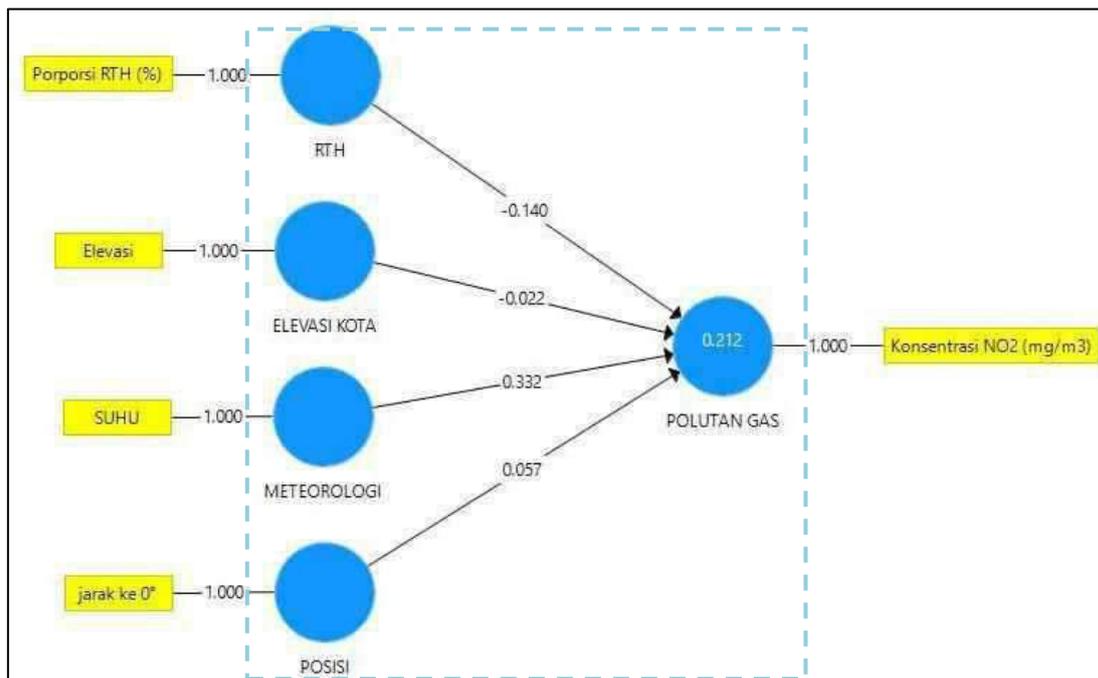
beberapa pengujian nilai. Evaluasi model struktural dilakukan melalui uji nilai Rsquare (R^2), uji t signifikansi dari koefisien parameter jalur struktural, relevansi Q^2 dan nilai f^2 . Berikut ini adalah nilai Rsquare yang dijelaskan dalam Tabel 4.15

Tabel 4.15 Nilai Rsquare Inner Model

	R Square	R Square Adjusted
POLUTAN GAS	0.212	0.211

Sumber: Smart-PLS 3.0 (2017)

Hasil pengolahan inner model disajikan pada Gambar 4.16 dimana inner model merupakan model struktural yang tersusun atas variabel laten.



Gambar 4.13 Model Struktural (Inner Model) (Smart0PLS 3.0, 2017)

Pada prinsipnya penelitian ini menghasilkan satu variabel laten endogen yaitu variabel polutan gas. Tabel 4.12 menunjukkan bahwa model struktural yang terbentuk pada model structural pada variabel gas polutan memiliki keakurasian sebesar 21.2%.

Uji model struktural berikutnya adalah uji nilai Q^2 yang didapatkan dari perhitungan $Q^2 = 1 - (1 - R^2)^2$ dan nilai Q^2 adalah 0.026 Nilai $Q^2 > 0$ menunjukkan bahwa nilai yang diobservasi adalah baik dan model yang dibentuk mempunyai relevansi prediktif. Pengaruh nilai f^2 disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Uji f^2

	Elevasi Kota	Meteorologi	Polutan Gas	Posisi	RTH
Elevasi Kota			0.001		
Meteorologi			0.090		
Polutan Gas					
Posisi			0.003		
RTH			0.015		

Sumber: Smart-PLS 3.0 (2017)

Berdasarkan Tabel 4.17 maka dapat diketahui bahwa pada model struktural polutan gas, berdasarkan nilai f^2 variabel elevasi, meteorologi, posisi, dan tutupan lahan sama-sama memiliki pengaruh lemah (nilai f^2 kurang dari 0.02). Namun dari keempat variabel diketahui bahwa variabel laten meteorology yang berindikator suhu permukaan bumi.

4.5.5 Persamaan Akhir Model

Berdasarkan inner model yang didapatkan, suatu persamaan untuk menentukan perubahan konsentrasi gas NO_2 yang terbentuk jika empat variabel (proporsi RTH, elevasi kota, jarak terhadap garis khatulistiwa, dan suhu permukaan) adalah sebagai berikut:

Konsentrasi $NO_2 = -0.140$ proporsi RTH -0.022 elevasi $+0.333$ suhu permukaan $+0.057$ jarak garis khatulistiwa

Dalam persamaan tersebut memuat informasi bahwa konsentrasi gas nitrogen dioksida dipengaruhi oleh variabel-variabel tersebut sebesar koefisien pengaruh yang dimiliki masing-masing variabel. Jika diinterpretasikan persamaan struktural tersebut untuk penelitian ini adalah:

- a. Setiap kondisi proporsi RTH naik satu satuan, maka konsentrasi gas NO₂ akan cenderung menurun sebesar 0.140 kali.
- b. Setiap elevasi kota naik satu satuan, maka konsentrasi gas NO₂ akan cenderung menurun sebesar 0.022 kali.
- c. Setiap suhu permukaan kota meningkat sebesar satu satuan, maka konsentrasi gas NO₂ akan cenderung meningkat sebesar 0.333 kali.
- d. Setiap jarak terhadap garis khatulistiwa meningkat sebesar satu satuan, maka konsentrasi gas NO₂ akan cenderung meningkat sebesar 0.057 kali.

4.7 Validasi Model: Membandingkan Hasil SEM-PLS dengan Regresi Berganda

Analisis pengaruh proporsi RTH terhadap konsentrasi gas NO₂ pada 30 kota di Indonesia ini menghasilkan koefisien pengaruh yang dapat dijadikan suatu model persamaan untuk mensimulasikan perencanaan pengelolaan kota di Indonesia yang secara general memiliki karakteristik sama. Hasil persamaan SEM-PLS dengan analisis lain seperti Regresi-PLS dengan hasil yang menyatakan bahwa keempat variabel tersebut berpengaruh dengan hasil uji-T yang signifikan dengan suhu permukaan menjadi variabel yang paling berpengaruh. Hasil analisis Multiple Regression juga memberi hasil yang tidak berbeda jauh dimana persamaan yang terbentuk dari multiple regression adalah

$$\text{“NO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{) = - 27.1 - 0.0686 proporsi RTH + 1.34 suhu permukaan - 0.00178 elevasi + 0.00235 jarak ke 0}^\circ\text{”}$$

dan hasil persamaan dari SEM-PLS adalah

$$\text{“NO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{) = -0.140 proporsi RTH -0.022 elevasi +0.333 suhu permukaan +0.057 jarak ke 0}^\circ\text{”}$$

Dengan salah satu persamaan tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan lingkungan hidup perkotaan terutama pada pengadaan RTH.

Untuk mendukung validitas dari analisis sebelumnya, maka pada penelitian ini juga dilakukan analisis regresi berganda. Dalam analisis regresi ini dilakukan pengelompokan kota berdasarkan elevasi sehingga dapat memudahkan dan menspesifikasikan model persamaan yang terbentuk. Hasil Klasifikasi kota berdasarkan elevasi adalah sebagai berikut:

- a. Elevasi Rendah (0 – 100 m dpl): Kota Banda Aceh, Banjarmasin, Makassar, Ambon, Semarang, Denpasar, Jakarta, Surabaya, Kendari, Palembang, Samarinda, Pekanbaru, Medan, Serang, Mataram, Bengkulu, Pangkal Pinang, Tanjung Pinang, Jambi, Kupang.
- b. Elevasi Sedang (100-250 m dpl): Gorontalo, Yogyakarta, Ternate, dan Palu
- c. Elevasi Tinggi (> 250 mdpl): Jayapura, Bandar Lampung, Bandung, dan Padang.

Adapun hasil regresi berganda dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Analisis Regresi Berganda Berdsarkan Elevasi Kota

Klasifikasi Kota	Persamaan Regresi
Elevasi tinggi (> 250 m dpl)	$NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 32.4 - 0.323 \text{ RTH (\%)} + 0.291 \text{ SUHU} - 0.00634 \text{ Elevasi} - 0.0165 \text{ jarak ke } 0^\circ$
	$(R^2 = 50.4 \%)$
Elevasi sedang (100-250 m dpl)	$NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = - 1.86 + 0.0550 \text{ RTH (\%)} + 0.0728 \text{ SUHU} - 0.0238 \text{ Elevasi} + 0.0127 \text{ jarak ke } 0^\circ$
	$(R^2 = 66\%)$
elevasi rendah (0- 100 m dpl)	$NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = - 30.7 - 0.0861 \text{ RTH (\%)} + 1.57 \text{ SUHU} - 0.0330 \text{ Elevasi} + 0.000540 \text{ jarak ke } 0^\circ$
	$(R^2 = 20\%)$

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Hasil regresi diatas memberikan informasi yang lebih spesifik sehingga persamaan yang didapatkan dapat lebih muda diaplikasikan pada pengelolaan kota sesungguhnya.

4.6 Pengujian Hipotesa

Pada penelitian ini perlu diketahui hipotesis dalam penelitian ini:

H₁: Proporsi RTH (%) berpengaruh negatif terhadap konsentrasi NO₂ troposfer
H₂: Proporsi RTH (%) berpengaruh negatif terhadap suhu permukaan perkotaan
H₃: Suhu permukaan perkotaan berpengaruh negatif pada konsentrasi NO₂ troposfer

Pengujian setiap hubungan yang dihipotesiskan dilakukan dengan menggunakan simulasi. Dalam hal ini dilakukan dengan metode bootstrap yang juga bermanfaat dalam meminimalkan masalah ketidaknormalan data penelitian. Hasil pengujian dengan bootstrapping dari analisis SEM-PLS disajikan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Uji Hubungan Antar Variabel Laten

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Stat. (O/STDEV)	P Value	Pengaruh
ELEVASI → POLUTAN GAS	-0.022	-0.022	0.011	2.056	0.040	Signifikan
METEOROLOGI → POLUTAN GAS	0.332	0.333	0.024	13.789	0.000	Signifikan
POSISI → POLUTAN GAS	0.057	0.057	0.018	3.180	0.002	Signifikan
RTH → POLUTAN GAS	-0.140	-0.140	0.025	5.529	0.000	Signifikan

Sumber: Smart-PLS 3.0 (2017)

Berdasarkan Tabel 4.14 dan Gambar 4.13 masing-masing hipotesa dapat dianalisis. Berikut adalah analisis masing-masing hipotesa:

1) Pengujian Hipotesa¹: Proporsi RTH Berpengaruh Negatif Terhadap Konsentrasi NO₂ troposfer

Koefisien jalur yang diperoleh dari hubungan antara variabel tutupan lahan dengan meteorologi (suhu permukaan) sebesar -0.140 dengan nilai P-value T-statistik $0.000 < 0.05$ pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$ (5%). Nilai tersebut artinya terdapat pengaruh bersifat berbanding terbalik antara proporsi RTH dengan polutan gas. Semakin tinggi persentase luasan RTH maka konsentrasi polutan gas NO₂ akan semakin menurun sehingga Hipotesa¹ dapat diterima. Variabel laten eksogen lainnya yang mempengaruhi konsentrasi polutan gas nitrogen dioksida adalah meteorologi, elevasi, dan posisi. Meteorologi dan posisi berpengaruh positif terhadap polutan gas sedangkan elevasi berpengaruh negatif terhadap polutan gas nitrogen dioksida.

Secara spesifik berdasarkan pengelompokan elevasi kota, persamaan regresi yang terbentuk pada masing-masing kota (elevasi rendah, sedang, dan tinggi) memberikan informasi tentang pengaruh proporsi RTH terhadap suhu yang berbeda. Berdasarkan hasil persamaan pada Tabel 4.17 halaman 73 didapatkan bahwa:

- a. Kota dengan elevasi rendah, proporsi RTH memberikan pengaruh yang bersifat berbanding terbalik terhadap konsentrasi Gas NO₂ dengan koefisien pengaruh -0.0861 keakurasian model R₂ sebesar 20%.
- b. Kota dengan elevasi sedang, proporsi RTH memberikan pengaruh yang bersifat berbanding lurus dengan konsentrasi Gas NO₂ dengan koefisien pengaruh $+0.05$ dan keakurasian model R₂ sebesar 20%.
- c. Kota dengan elevasi tinggi, proporsi RTH memberikan pengaruh yang bersifat berbanding terbalik terhadap konsentrasi Gas NO₂ dengan koefisien pengaruh -0.323 dan keakurasian model R₂ sebesar 20%.

Hasil pada poin b (kota dengan elevasi sedang) diatas terjadi ketidaksesuaian dengan teori. Proporsi RTH berbanding lurus dengan konsentrasi gas NO_2 troposfer. Hal ini dimungkinkan karena kondisi RTH yang memiliki proporsi sangat jauh lebih rendah dibandingkan dengan faktor lain yang mempengaruhi. Terutama faktor sumber dan konsentrasi gas NO_2 troposfer itu sendiri, posisi kota, suhu, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi yang tidak dibahas pada penelitian ini. Hal ini terbukti jika proporsi RTH diuji secara parsial (sendiri) tanpa serentak dengan variabel lain maka hasilnya tetap sesuai teori yaitu proporsi RTH dapat mereduksi gas NO_2 troposfer.

Polutan gas yang terukur merupakan konsentrasi gas NO_2 yang berada pada troposfer sedangkan RTH yang diukur merupakan proporsi atau prosentase luasan RTH yang berada pada permukaan bumi dengan lingkungan yang diselubungi oleh udara yang merupakan atmosfer. Dalam hal ini troposfer menjadi lapisan atmosfer paling dekat dengan bumi namun juga memiliki ketebalan tertentu. Kondisi tersebut sama dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa meteorologi (suhu) menjadi variabel paling berpengaruh karena keberadaannya yang menyelubungi bumi. Pada penelitian sebelumnya pengukuran serapan NO_2 menggunakan 8 jenis tumbuhan dengan kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Laju penyerapan NO_2 oleh tanaman lebih tinggi pada kondisi lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi (lebih kurang 30°C) dibandingkan laju penyerapan dengan suhu lingkungan yang rendah (lebih kurang 20°C) (Abdurahim, 2010).

Lovblad et al (1997) menjelaskan bahwa NO_2 sangat mudah mengalami proses fotokimia menjadi ozon. Ozon tersebut selanjutnya dapat berikatan kembali dengan NO di troposfer sehingga membentuk NO_2 kembali dengan cepat. Kondisi tersebut yang mengakibatkan akumulasi NO_2 troposfer cepat berubah seiring dengan kondisi NO_2 secara mikro di bumi. Kondisi NO_2 yang fluktuatif dan mudah bereaksi tersebut menjadi sangat cepat berubah kestabilannya didukung karena sumber gas NO_2 yang semakin meningkat khususnya wilayah perkotaan. Pada era pembangunan dan pengembangan kota seperti saat ini tentunya emisi NO_2 semakin meningkat seiring semakin banyaknya aktivitas pembakaran seperti kendaraan bermotor dan industri sebagai sumber NO_2 .

Ruang terbuka hijau perkotaan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kuantitas dari gas NO_2 tersebut. Sesuai dengan hasil analisis pada penelitian ini bahwa vegetasi memiliki pengaruh negatif terhadap konsentrasi NO_2 , Nasrullah et al. (2000) melakukan eksperimen skala mikro dengan hasil yang menunjukkan cluster kemampuan serapan gas NO_2 dari berbagai jenis pohon, semak, dan tutupan lahan lainnya. Harris (2010) juga menjelaskan bahwa pohon-pohon di perkotaan dapat menjadi filter serapan NO_2 dengan kemampuan daya serap yang berbeda antar spesies. Meskipun model struktural memiliki R^2 yang kecil, namun vegetasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap NO_2 sehingga vegetasi tetap memiliki peran dalam upaya mereduksi gas NO_2 walaupun dengan pengaruh yang kecil. Dahlan (2004) menjelaskan kemampuan vegetasi menyerap gas pencemar dipengaruhi banyak faktor antara lain daya kelarutan polutan, kelembaban lingkungan, intensitas matahari, dan ketebalan jenis daun.

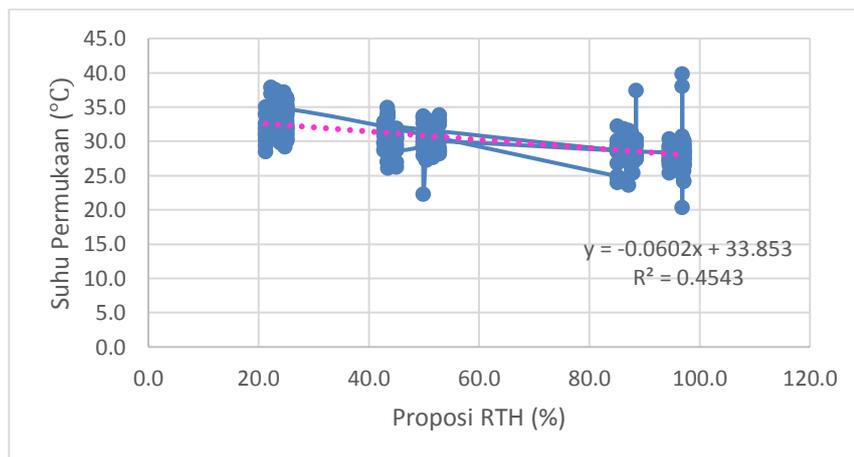
Dalam proses penyerapan gas NO_2 oleh tumbuhan (daun) terjadi tiga tahapan besar yang terdiri dari asimilasi menjadi asam amino, akumulasi dalam vakuola, dan re-emisi pada permukaan daun. Dalam proses besar tersebut, NO_2 di dalam daun dirubah menjadi bentuk substrat lain yang digunakan tumbuhan untuk metabolisme antara lain menjadi nitrat-nitrit, kemudian menjadi asam amino yang digunakan untuk berbagai metabolisme dan disimpan juga ke dalam vakuola. Dalam kondisi tertentu, NO_2 dikeluarkan kembali oleh daun melalui kutikula daun. Selanjutnya sebagian ada yang terbawa proses presipitasi atau air hujan dan sebagian kembali ke udara.

Hu (2011) menyimpulkan bahwa keseluruhan NO_2 yang masuk ke tumbuhan melalui daun dipecah menjadi asam amino, diendapkan di vakuola untuk metabolisme tumbuhan, sebagian terserap pada film air atau lapisan air pada permukaan daun, serta pada proses re-emisi ada yang terbawa oleh proses presipitasi atau hujan sehingga besarnya gas NO_2 yang masuk ke dalam daun akan lebih besar daripada yang dikeluarkan dalam proses re-emisi. Namun dalam penelitiannya tidak dapat dijelaskan persentase gas NO_2 pada proses uptake dan re-emission. Hal ini dimungkinkan karena setiap spesies tumbuhan memiliki

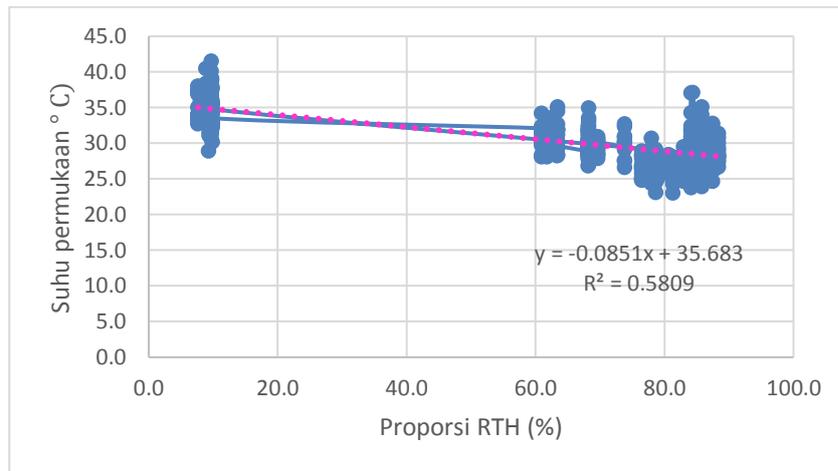
bentuk dan karakteristik struktur daun yang berbeda sehingga diperlukan penelitian lanjutan secara spesifik.

2) Pengujian Hipotesa²: Proporsi RTH Berpengaruh Negatif Terhadap Suhu Permukaan Perkotaan

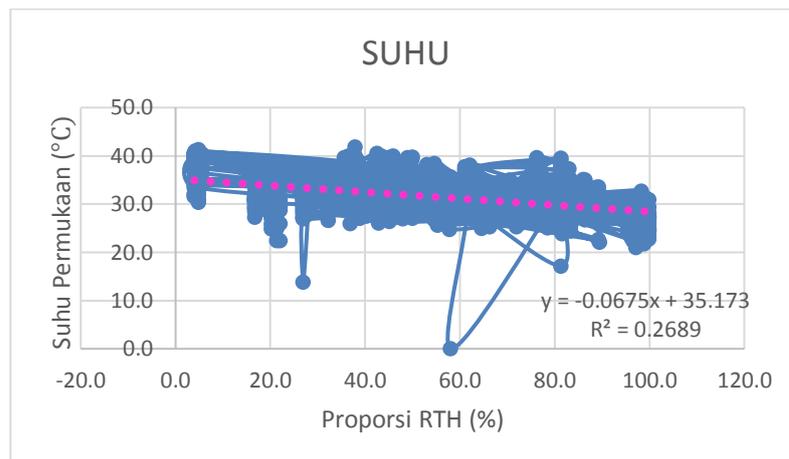
Koefisien pengaruh yang diperoleh dari hubungan antara variabel RTH dengan meteorologi (suhu permukaan) sebesar -0.577 dengan nilai P-value T-statistik $0.000 < 0.05$ pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$ (5%). Kondisi tersebut dapat diartikan bahwa perubahan tutupan lahan berpengaruh negatif terhadap variabel meteorologi. Nilai negatif pada koefisien parameter artinya semakin tinggi persentase luasan RTH maka meteorologi (suhu permukaan) akan semakin menurun sehingga Hipotesa² diterima. Penunjang lain untuk mengetahui pengaruh proporsi RTH terhadap suhu permukaan perkotaan dilakukan dengan pengelompokan kota berdasarkan elevasi kota. Hal ini dilakukan karena karakteristik wilayah Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan elevasi kota yang bervariasi. Pengelompokan dan hasil analisis pengaruh menggunakan regresi dapat dilihat pada Gambar 4.14, 4.15, dan 4.16.



Gambar 4.14 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Tinggi (> 250 mdpl), (Hasil Analisis, 2017)



Gambar 4.15 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Sedang (100 – 250 m dpl), (Hasil Analisis, 2017)



Gambar 4.16 Hubungan RTH dengan Suhu Permukaan Kota Elevasi Rendah (0-100 m dpl), (Hasil Analisis, 2017)

Berdasarkan hasil regresi didapatkan bahwa ternyata hasil analisis SEM-PLS dengan regresi sederhana memiliki kesamaan yaitu proporsi RTH berpengaruh terhadap suhu permukaan perkotaan. Semakin tinggi proporsi RTH maka semakin menurun suhu permukaan perkotaan. Koefisien pengaruh yang dihasilkan dari ketiga kelompok kota berdasarkan elevasi meunjukkan bahwa RTH pada kota dengan elevasi sedang memiliki pengaruh tertinggi dengan koefisien sebesar -0.0851 dengan R-square terbesar diantara tiga persamaan tersebut yaitu 58.09%.

Sejauh ini peningkatan suhu disebabkan terjadinya perubahan proporsi luasan RTH, peningkatan jumlah penduduk, dan pembangunan perkotaan. Vegetasi mempunyai peran besar dalam meredam suhu maksimum agar menjadi lebih rendah. Effendy (2011) menjelaskan bahwa mekanisme pertama kanopi hutan mampu meredam radiasi matahari yang datang ke permukaan lantai hutan, sehingga suhu permukaan hutan menjadi rendah. Mekanisme kedua yaitu penggunaan energi sinar matahari di siang hari biasanya banyak digunakan untuk evapotranspirasi sedangkan untuk memanaskan udara lebih sedikit. Kondisi tersebut dapat diartikan bahwa pemanasan udara permukaan bumi berasal dari akumulasi pemanasan udara mikro.

Meskipun berdasarkan model struktur yang terbentuk dari penelitian ini menunjukkan bahwa vegetasi memberikan pengaruh yang cukup kecil, namun hasil penelitian dan eksperimen menunjukkan bahwa vegetasi dapat menurunkan suhu lingkungan (mikro) ataupun suhu permukaan. Dalam penelitian berbasis citra satelit, Rinner dan Hussain (2011) menyebutkan bahwa pengaruh luasan dari tipe penggunaan lahan juga mempengaruhi suhu permukaan. Besarnya pengaruh vegetasi terhadap suhu juga memiliki hasil yang berbeda pada kondisi lingkungan yang berbeda. Munier dan Burger (2001) mendapatkan perbedaan pengaruh vegetasi terhadap suhu lingkungan yang diukur pada kondisi siang (terang) dan malam (gelap) dengan hasil siang hari memiliki pengaruh lebih tinggi.

Iswanto (2008) menyatakan bahwa hubungan antara vegetasi dengan suhu kota Pangkal Pinang dengan metode berbeda yaitu menggunakan analisis regresi dan mendapatkan R^2 36% dan 27%. Jika dilihat dari kondisi land cover perkotaan, sebagian besar kondisi perkotaan terdapat tutupan lahan hijau yang dikelilingi bangunan atau objek lainnya yang lebih tinggi sehingga suhu permukaan area lahan hijau akan lebih tinggi karena dari lahan terbangun yang mengelilinginya mengeluarkan energi panas dan temperatur yang lebih tinggi. hal ini berbeda dengan pengaruh vegetasi terhadap suhu lingkungan di bawah kanopi tanaman (Nichol, 2009).

3) Pengujian Hipotesa³: Kenaikan Suhu Berpengaruh Negatif Terhadap Konsentrasi NO₂ troposfer

Koefisien parameter jalur yang diperoleh dari hubungan antara variabel meteorologi (suhu permukaan) dengan gas polutan sebesar 0.332 dengan nilai P-value T-statistik $0.000 < 0.05$ pada taraf signifikansi $\alpha = 0.05$ (5%). Kondisi tersebut dapat diartikan bahwa perubahan meteorologi (suhu permukaan perkotaan) berpengaruh positif dengan polutan gas. Nilai positif pada koefisien parameter artinya adalah semakin tinggi perubahan meteorologi (suhu permukaan) maka variabel polutan gas akan semakin meningkat sehingga Hipotesa³ ditolak.

Hasil analisis pada penelitian ini bertolak belakang atau tidak sesuai dengan dasar teori mengenai hubungan antara suhu dengan NO₂ ataupun berbagai jenis polutan gas lainnya. Antika et al. (2013) menyatakan hasil penelitian bahwa konsentrasi terendah NO₂ terjadi ketika suhu udara tinggi dan sebaliknya konsentrasi tertinggi NO₂ terjadi ketika suhu udara rendah. Suhu udara yang tinggi mengakibatkan densitas udara di dekat permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada udara di atasnya dan membuat terjadinya aliran konveksi berbagai gas polutan termasuk NO₂ menuju ke atas. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi NO₂ menjadi rendah. Suhu udara yang rendah menyebabkan densitas udara sekitar menjadi hampir sama dengan densitas lapisan udara atasnya sehingga aliran konveksi udara bergerak lebih lambat dan mengakibatkan NO₂ menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan.

Meskipun bertolak belakang dengan kebanyakan teori, namun hasil penelitian yang demikian (suhu permukaan berpengaruh positif terhadap polutan gas (NO₂ troposfer) memang dimungkinkan dapat terjadi. Risalah (2011) mengambil wilayah studi Kota Jakarta dalam analisisnya menghasilkan bahwa suhu yang tinggi mengindikasikan banyaknya atau tingginya polutan pada udara tersebut. Pada wilayah perkotaan kondisi NO₂ pada siang hari dan sore hari berbeda. Faktor utama yang berpengaruh adalah kegiatan antropogenik sektor transportasi dan pemakaian bahan bakar pada industri sebagai sumber NO₂ dan selanjutnya adalah perbedaan temperatur udara yang terjadi. Meningkatnya sinar matahari

akan menyebabkan peningkatan sinar ultraviolet yang diikuti dengan kenaikan kadar Ozon (O_3) dan kadar NO_2 (Noviani et al., 2014).

Diketahui bahwa tingginya ozon menandakan tingginya pula gas NO_2 . Hasil penelitian Risdianto (2013) juga menjelaskan bahwa secara keseluruhan mulai dari permukaan bumi sampai dengan ketinggian sekitar 17 km, antara ozon dan temperatur terjadi korelasi positif yaitu semakin kecil konsentrasi ozon maka semakin rendah temperatur. Dalam kondisi tersebut, ketinggian termasuk dalam lapisan troposfer. Pada ketinggian 17-27 km juga terjadi korelasi positif, semakin tinggi maka semakin besar konsentrasi ozon dan semakin tinggi temperatur. Sebaliknya, pada ketinggian 27-40 km terjadi korelasi negatif, semakin tinggi ketinggian maka semakin tinggi temperatur dan semakin kecil konsentrasi ozon.

4.8 Analisis Pengaruh Faktor Elevasi dan Posisi Kota terhadap Konsentrasi Gas NO_2

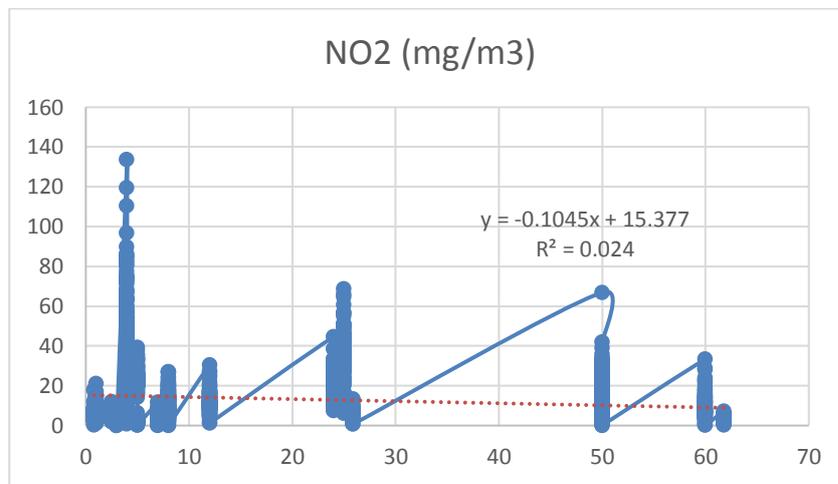
Berdasarkan hasil analisis SEM-PLS, variabel elevasi dan posisi juga mempengaruhi konsentrasi gas NO_2 . Berdasarkan teori hukum Braak, yaitu setiap kenaikan 100 meter dari permukaan bumi, suhu udara menurun sebesar lebih kurang $0,6^\circ C$. Suhu udara yang tinggi membuat kerapatan udara di dekat permukaan bumi menjadi lebih rendah daripada di atasnya menyebabkan terjadinya aliran konveksi ke atas yang membawa berbagai polutan termasuk NO_2 , hal tersebut menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi rendah. Suhu udara yang rendah menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas udara yang berada di atasnya, akibatnya aliran konveksi udara bergerak lebih lambat sehingga konsentrasi NO_2 menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini, didapatkan koefisien pengaruh variabel elevasi terhadap konsentrasi gas NO_2 adalah -0.022 sehingga hasil penelitian ini sudah sesuai dengan hasil penelitian dan teori sebelumnya.

Jika dilihat dari ketinggian kota atau elevasi kota yang dibandingkan dengan nilai konsentrasi gas NO_2 troposfer yang didapatkan dari data olahan citra satelit, hubungan keduanya dapat diregresikan sehingga diketahui sifat hubungan

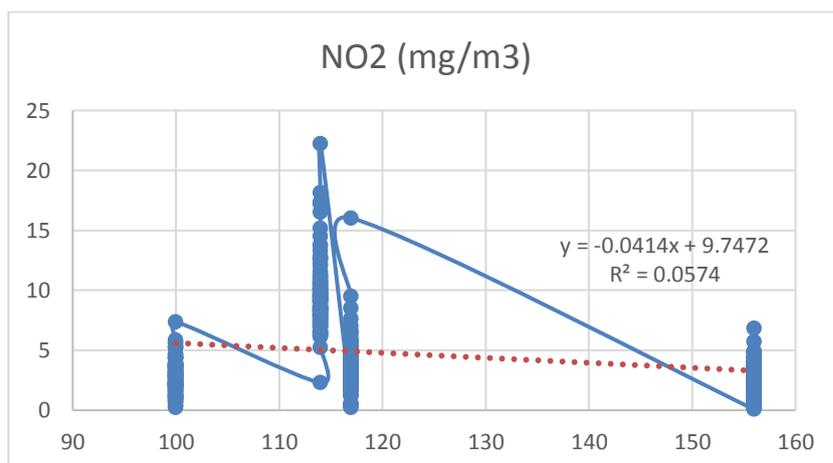
keduanya secara parsial. Berikut ini hasil dari uji tersebut dengan pengelompokkan kota di Indonesia berdasarkan elevasi kota yang terdiri dari:

1. Elevasi rendah (0 - < 100 mdpl),
2. Elevasi sedang (100 – 250 mdpl),
3. Elevasi tinggi (> 250 mdpl).

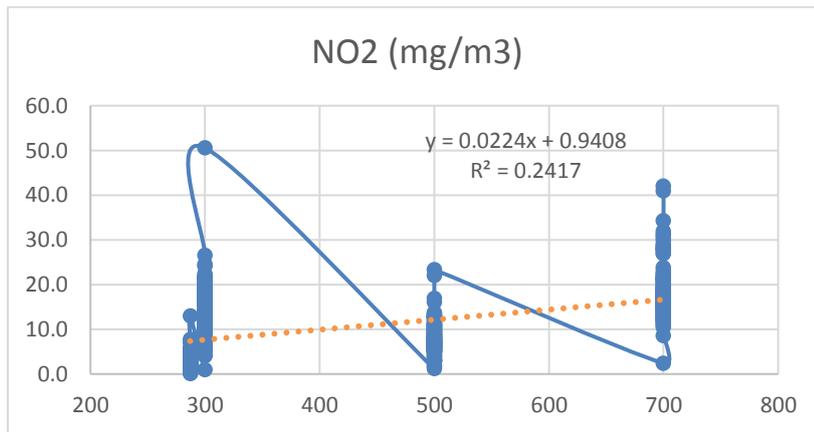
Masing-masing regresi sederhana dari ketiga pengelompokkan kota tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.17 hingga Gambar 4.19.



Gambar 4.17 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO₂ Kota Kecil
(Hasil Analisis, 2017)



Gambar 4.18 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO₂ Kota Sedang
(Hasil Analisis, 2017)



Gambar 4.19 Hasil Regresi Variabel Elevasi dan NO₂ Kota Besar (Hasil Analisis, 2017)

Posisi kota berdasarkan letak garis lintang yang menjadi penentu jarak terhadap garis khatulistiwa juga mempengaruhi konsentrasi gas NO₂. Kota di Indonesia secara general memiliki jarak yang cukup dekat dengan garis khatulistiwa sesuai dengan posisi Indonesia yang merupakan negara tropis. Hasil dari analisis SEM-PLS didapatkan bahwa jarak kota terhadap berpengaruh positif terhadap konsentrasi gas NO₂ dengan koefisien pengaruh sebesar 0.057. Sesuai publikasi dari NOAA tahun 2016 menunjukkan bahwa kondisi ozon pada negara berkembang khususnya Asia Tenggara mengalami kenaikan pesat selama periode 1980-2010. Pemetaan dispersi ozon yang didasarkan pada garis equator atau khatulistiwa menunjukkan bahwa polutan terutama ozon memiliki konsentrasi tinggi pada wilayah dengan garis lintang rendah (mendekati equator). Jika konsentrasi ozon tinggi maka NO₂ rendah pada wilayah dengan garis lintang rendah. Kondisi kota yang semakin dekat dengan garis khatulistiwa memiliki suhu permukaan yang relatif tinggi. dalam kondisi suhu permukaan yang tinggi, konsentrasi polutan termasuk gas NO₂ cenderung rendah.

4.9 Pengaplikasian Hasil Penelitian dalam Pengelolaan Kualitas Udara Perkotaan di Indonesia

Pengaplikasian hasil penelitian ini ke dalam kota- kota di Indonesia yang sejenis, maka dapat dipermudah dengan spesifikasi karakteristik kota salah

satunya adalah berdasarkan luasan kota. Untuk menspesifikasikan karakteristik 30 kota dalam penelitian ini, kota diasumsikan menjadi tiga (3) kelas berdasarkan luasan kota tersebut. Adapun spesifikasi klasifikasi kota berdasarkan luasan tersebut adalah:

1. Kota besar (luas kota >600 km²)
2. Kota sedang (luas kota 300-600 km²)
3. Kota kecil (luas kota <600 km²).

Berdasarkan klasifikasi tersebut, analisis dilakukan kembali terhadap ketiga kelompok kota. Hasil persamaan yang terbentuk pada masing-masing jenis kota dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Persamaan di Kota Besar, Sedang, dan Kecil

Jenis Kota	Persamaan	R-square
Kota Kecil	Persamaan Regresi Berganda: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = - 34.9 - 0.0597 \text{ RTH (\%)} + 1.58 \text{ SUHU} + 0.00137 \text{ Elevasi} - 0.000667 \text{ jarak ke } 0^\circ$	20 %
	Persamaan SEM-PLS: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = -0.054 \text{ RTH (\%)} + 0.408 \text{ SUHU} + 0.025 \text{ Elevasi} - 0.008 \text{ jarak ke } 0^\circ$	20.1%
Kota Sedang	Persamaan Regresi Berganda: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = - 16.5 + 0.225 \text{ RTH (\%)} - 0.060 \text{ SUHU} - 0.0190 \text{ Elevasi} + 0.0438 \text{ jarak ke } 0^\circ$	59.3%
	Persamaan SEM-PLS: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 0.302 \text{ RTH (\%)} - 0.012 \text{ SUHU} - 0.08 \text{ Elevasi} + 0.9 \text{ jarak ke } 0^\circ$	59.1%
Kota Besar	Persamaan Regresi Berganda: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 3.75 - 0.0474 \text{ RTH (\%)} + 0.412 \text{ SUHU} - 0.00331 \text{ Elevasi} - 0.0228 \text{ jarak ke } 0^\circ$	37.7%
	Persamaan SEM-PLS: $NO_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 0.0474 \text{ RTH (\%)} + 0.187 \text{ SUHU} - 0.112 \text{ Elevasi} - 0.518 \text{ jarak ke } 0^\circ$	37.7%

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Penyajian kedua perasamaan dengan metode berbeda tersebut untuk menunjukkan bahwa model yang dibentuk pada kedua metode memiliki kekuatan atau keakurasian model yang sama besar dengan perbandingan koefisien pengaruh antar variabel dalam metode yang berbeda memiliki nilai yang mendekati sama. Sehingga dalam pengaplikasiannya dapat menggunakan keduanya. Dalam pengaplikasiannya, persamaan-persamaan tersebut dapat digunakan untuk upaya penurunan konsentrasi gas NO₂ dengan mengendalikan atau mengelola proporsi luasan RTH sesuai target penurunan dan kondisi perkotaan karena hanya variabel RTH yang dapat dikendalikan oleh manusia. Model yang dihasilkan dapat berlaku untuk kota dengan beberapa kriteria yaitu:

- a. Range luasan kota sesuai dengan pengklasifikasian yang telah disebutkan sebelumnya
- b. Suhu perkotaan berkisar antara 25 hingga 40°C

Upaya untuk pengelolaan kualitas udara perkotaan sesungguhnya tentu harus memperhatikan banyak hal, tidak hanya fokus pada proporsi RTH saja. Faktor penting yang perlu dikaitkan dalam pengelolaan kualitas udara terutama dalam menurunkan kadar konsentrasi gas NO₂ adalah sumber dari gas NO₂ itu sendiri. Sejauh ini sumber terbesar polutan gas nitrogen dioksida adalah kegiatan antropogenik dari aktivitas transportasi dan industri (terutama pembangkit listrik) sehingga dengan mengkaitkan lebih banyak faktor dapat memaksimalkan upaya penurunan konsentrasi gas NO₂.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan tujuan pertama, dapat disimpulkan:
 - a. Secara general proporsi RTH berpengaruh terhadap NO₂ troposfer perkotaan di Indonesia dengan koefisien pengaruh sebesar - 0.0686 dengan R₂= 21% sehingga signifikansi bersifat lemah. Perubahan proporsi RTH berbanding terbalik dengan konsentrasi NO₂ dimana semakin tinggi proporsi luasan RTH maka konsentrasi NO₂ troposfer akan menurun.
 - b. Secara spesifik, kota dengan elevasi rendah (0-100 m dpl), proporsi RTH berbanding terbalik terhadap konsentrasi gas NO₂ troposfer dengan koefisien pengaruh -0.0861, kota dengan elevasi sedang (100-250 m dpl), proporsi RTH berbanding lurus dengan konsentrasi gas NO₂ troposfer dengan koefisien pengaruh +0.05. Kota dengan elevasi tinggi (>250 m dpl), proporsi RTH berbanding terbalik terhadap konsentrasi gas NO₂ troposfer dengan koefisien pengaruh - 0.323 dan ketiga persamaan memiliki keakurasian R₂ sebesar 20%.
2. Berdasarkan tujuan kedua, dapat disimpulkan:
 - a. Secara general proporsi RTH berpengaruh terhadap suhu permukaan perkotaan di Indonesia dengan koefisien pengaruh sebesar -0.557 dan signifikansi R₂ sebesar 36% sehingga keakurasian bersifat lemah. Proporsi RTH berbanding terbalik dengan suhu permukaan perkotaan dimana semakin tinggi proporsi luasan RTH maka suhu permukaan akan menurun.
 - b. Kota berelevasi rendah (0-100 m dpl) memiliki koefisien pengaruh - 0.0675 dengan R₂ sebesar 26.89%. Kota berelevasi sedang (100-250 m dpl), memiliki koefisien pengaruh -0.0851 dan R₂ sebesar 58.09%. Kota berelevasi tinggi (>250 m dpl), memiliki koefisien pengaruh -0.0602 dan R₂ sebesar 45.4%.
3. Variabel suhu permukaan perkotaan berpengaruh dan berbanding lurus terhadap konsentrasi NO₂ troposfer. Koefisien pengaruh yang diperoleh

sebesar +0.332 dengan $R^2=63.7\%$. Suhu permukaan memberikan pengaruh yang sama di berbagai ketinggian atau elevasi kota di Indonesia. Semakin tinggi suhu udara permukaan maka konsentrasi NO_2 troposfer semakin tinggi.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini dibatasi dengan berbagai hal diantaranya terdapat keterbatasan data, metode, dan analisa data. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan aspek-aspek berikut:

- a. Pada penelitian ini memakai citra satelit dimana jenis data yang diambil merupakan data citra level III yang merupakan data transmisi yang telah diubah menjadi data geofisik oleh system satelit. Hasil tersebut terdapat beberapa data yang outlier. Sebaiknya untuk penelitian berikutnya dapat dipertimbangkan untuk pemilihan level produk pada citra satelit namun tentunya dengan kemampuan ekstraksi yang baik dan benar terutama dalam proses penghilangan lapisan awan.
- b. Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variabel lain seperti kerapatan vegetasi, mengklasifikasikan jenis tutupan lahan menjadi banyak klaster, menganalisis lebih mendalam mengenai variabel elevasi sehingga variabel yang menjadi faktor penting dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara detail.
- c. Diperlukan penelitian berskala mikro yang bersifat kuantitas mengenai kinetika uptake hingga re-emission gas NO_2 dalam daun sehingga dapat diketahui gas yang diserap dan dikeluarkan kembali dan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.
- d. Selanjutnya dapat diakomodasikan pada penelitian berikutnya yaitu pengaruh sumber gas nitrogen dioksida terhadap fungsi dari keberadaan RTH suatu kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahim, D. (2010), *Pengaruh Vegetasi dan Suhu Lingkungan Terhadap Penyerapan Polutan Gas NO₂*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ahmad, F., Efendy, S., Arifin, H, S., Kurniawan, R. (2012), “Analisis Hubungan Luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Perubahan Suhu di Kota Palu”. *Jurnal Hujan Tropis*. Vol.13. No.2.
- Antika., Riadi, S., Sugianto. (2013), “Pengaruh Suhu, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin Terhadap Akumulasi Nitrogen Monoksida dan Nitrogen Dioksida”. Skripsi. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Aslach, A. (2012), *Penggunaan Google Earth*. <http://www.inigis.com/search/cara-menggunakan-google-earth>. Diakses pada tanggal 10 Maret 2017.
- Assomadi, A.F., Widodo, B., Hermana, J. (2016), “The Kinetic Approach of NO_x Photoreaction Related to Ground Measurement of Solar Radiation in Estimates of Surface Ozone Concentration”. *International Journal of ChemTech Research* Vol.9. No.07. pp 182-190
- Bryan, D., Sukkotjo, B.M., Wahyu, U. (2013), “Analisa Relasi Hubungan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya Menggunakan Satelit Multispektral Tahun 1994-2012”. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 02. No.01.
- Chiusolo. (2011), “Short-Term Effect of Nitrogen Dioxide on Mortality an Suspacibility Factor In 10 Italian Cities: The Epy Air Study”. *Environmental Healthy Perspective, Italia*. Page 1233-1238.
- Dachlan, U. (2014), *Panduan Lengkap Structural Equation Modeling*. Lentera Ilmu, Semarang.

- Dahlan EN. (2004), *Membangun Kebun Kota Bernuansa Hutan Kota*. IPB Press, Bogor
- Daryono. (2017), *Sumber Belajar Penunjang Plpg 2017 Mata Pelajaran/Paket Keahlian Geografi Bab IV Atmosfer*. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Departemen Kesehatan. (2008), *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Departemen Kesehatan Kota Jakarta, Jakarta Pusat.
- Dewi, S., (2011), *Sistem Penggunaan Lahan dalam Analisis OppCost REDD+*. World Agroforestry Centre, Bogor.
- Effendy, S. (2007), *Keterkaitan Ruang Terbuka Hijau dengan Urban Heat Island Wilayah Jabotabek*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- EPA (Environment Protection Agency. (2014), *Climate Change*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/201406/documents/treesandvegcompendium.pdf>. Diakses pada 22 Oktober 2017.
- Fawzi, N. I., dan Naharil, N. (2013), "Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta - Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan". *Prosiding Simposium Nasional Sains Geoinformasi*. Page 275-280.
- Hairah, Kn., Rahayu, S., Suprayoga, D., Prayogo, C. (2016), *Sebab dan Dampaknya Terhadap Kehidupan Perubahan Iklim: World Agroforestry Centre (ICRAF)*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Handbook MODIS. (2005), *Handbook MODIS*. <http://www.modis.gsfc.nasa.gov>. Online. Diakses pada tanggal 13 September 2017 .

- HALP (*Health Air Living Patner*), (2011), *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics*, Wasington DC.
- Howard, JA. (1996), *Penginderaan Jauh Untuk Sumber Daya Hutan, Teori dan Aplikasi*. Gajah Mada University Press, Jogjakarta.
- Hu, Y. (2011), “NO₂- Drived NO₃- Metabolism in Leaves”. *Insciencas Journal*. Vol. 01. No. 02. Page 90-101.
- Infoindonesiakita. (2014), *Update Peta Indonesia*. Online. Infoindonesiakita.com. Diakses pada 15 Januari 2016.
- Iswanto, P.A. (2008), *Urban Heat Island di Kota Pangkal Pinang*. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Joshi, R., Raval, H., Pathak, M., Prajapati, S., Patel, A., ViSingh, V., dan Kalubarme, A. 2013. “Isotherm Mapping Using Geo-Informatics Technology in Ahmedabad City, Gujarat State, India”. *International Journal of Geosciences*. Vol. 06. Page 274-285.
- Kesselmeier, M., Breuninger, C.F., Meixner, X., Atmos, J., (2013), “Field Investigations of Nitrogen Dioxide (NO₂) Exchange Between Plants and The Atmosphere”. *Journal of Chemist Physical*. Vol. 13 No. 01, page 773–790.
- Kharytonov, M, M., Khlopova, V, M., Stankevich, S, A., dan Titarenko, O, V. (2012), “Remote and Ground-Based Sensing of Air Polluted by Nitrogen Dioxide in The Dbepropetrovsk Region (Ukraine)”. *Disposal of Dangerous Chemical in Urban Areas and Mega Cities. Role of Oxide and Acid of Nitrogen in Atmospheric Chemistry*. Springer.

- Khusaini, N. (2008), *Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bogor Menggunakan SIG*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Latan dan Ghozali, I. (2012), *Partial Least Squares Konsep, Metode dan Aplikasi menggunakan Program WarpPLS2.0 untuk Penelitian Empiris*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Lambin, E.F., Geist H.J., & Lepers, E. (2003), "Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions". *Journal of Environment and Resources*, Vol. 28. Page 205-241.
- Lillesand dan Kiefer. (1990), *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Versi Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lehmann, S. dan Shafiril, E. (2014), "Comparative Analysis of Surface Urban Heat Island Effect in Central Sydney". *Journal of Sustainable Development*, Vol. 7, No. 3.
- Lo, C.P. (1995), *Penginderaan Jauh Terapan*. Universitas Indonesia., Jakarta.
- Lövblad, G., Palmgren, F., Aalst, R Van., Allegrini, Bauman R., Derouane, A., Edwards, L., Fiala, I., Hauer, A., Lahtinen, T., Nilsson, M., Pohjola. Saeger, E. D., Santis, F. D. (1997), *Position paper on Air Quality: Nitrogen Dioxide*. European Commission Directorate-General XI, Eropa.
- Marina, T. (2017), *Pengaruh Langsung Dan Tidak Langsung Dalam Model Persamaan Struktural Dengan Metode Partial Least Square (PLS)*. Skripsi. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Mukono. (2008), *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Cetakan Ketiga. Airlangga University Press. Surabaya.

- Munier, K. dan Burger. (2001), *Analysis of Land Use and Surface Temperature Derived from Satellite data for Area of Berlin*. Proceeding of 2nd Symposium Remote Sensing of Urban Areas. Regeburg, Germany, 22-23.
- Munro, R., Anderson, C., Callies, J., Corpaccioli, E., Eisinger, M., Lang, Rudiger., Lefebvre. A., Livschitz. Yakof., Albinana, Abelardo. (2006), *Gome-2 On Metop*. EUMETSAT, Netherlands.
- Nasrullah, N., Gandanegara, S., Suharsono, H., Wungkar, M., Gunawan, A. (2001), *Seleksi Tanaman Lanskap Yang Berpotensi Tinggi Menyerap Polutan Gas NO₂ Dengan Menggunakan Gas NO₂ Bertanda ¹⁵N*. Buletin Perencanaan, Perancangan, dan Pengelolaan Taman dan Lanskap Indonesia. Vol. 04. No. 01. Page 1-5.
- Nasrullah, N., Gandanegara, S., Suharsono, H., Wungkar, M., Gunawan, A. (2000), "Pengukuran Serapan Polutan Gas NO₂ Pada Tanaman Tipe Pohon, Semak Dan Penutup Tanah dengan Menggunakan Gas NO₂ Bertanda 15N". *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*.
- NOAA. (2012), *Air Pollution: Composition of Air, Structure, and Atmosphere*. Online. <http://www.zainbooks.com/read.php?i=air-pollution-composition-of-air-structure-atmosphere-concise-environmental-engineering&b=133&c=9>. Diakses pada 11 Januari 2018.
- Noraini, A., Handayani, H., Hapsari. (2013), "Updating Peta Tutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi (Studi Kasus: Kecamatan Pakal, Kota Surabaya)". *Journal of Geodesy and Geomatic*. Vol. 91. No.01
- Noviani, R.E. (2014), *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis (Suhu Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar NO₂ (Nitrogen Dioksida) Pada*

Persimpangan Jalan Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Karangrejo Raya, Sukun Raya, dan Ngesrep Timur V). Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang.

Nugrahani, P. (2005), *Faktor Fisiologi Tanaman Yng Menentukan Serapan Polutan Gas NO₂ dan Nilai Visual Jalur Hijau Surabaya*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Nurandani, P. (2013), *Pemetaan Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal Di Danau Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah*. Skripsi. Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Jawa Tengah.

OSCAR (Observing Systems Capability Analysis and Review Tool). (2016), *Satelit METOP-A*. <http://https://www.wmosat.info/oscar/satellites/view/306>, diakses pada 20 Agustus 2017.

Pannullo, F., Lee, D., Waclawski, E., Leyland, A. (2015). “Improving Spatial Nitrogen Dioxide Prediction Using Diffusion Tubes: A Case Study in West Central Scotland”. *Journal of Atmospheric Environment*. Vol. 118. No. 01. Page 227–235.

Pradjosantoso, AK. dan Tutik, Regina. (2011). *Kimia Lingkungan (Teori, Eksperimen, dan Aplikasi)*. Kanisius, Jogjakarta.

Pribadi, DO., Shiddiq, D., Ermianila, M. (2006). *Model Perubahan Tutupan Lahan dan Faktor yang Mempengaruhinya*. <http://www.kelair.bppt.go.id/Jtl/2006/vol7-1/05model.pdf>. Jurnal Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair . Badan Pengelolaan dan Penerapan Teknologi, Jakarta, BPPT Publikasi.

- Pusat Meteorologi Publik. (2011). *Pedoman Pengelolaan Operasional Citra Satelit BMKG PUSAT) Nomor: 01/PCI/XII/DEP-1/BMKG-2011*. Deputi Bidang Meteorologi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Putra, E. (2011). *Penginderaan Jauh dengan ER Mapper*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Putra, S.H. (2012). *Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan di Pesisir Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang*. Tesis. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rinner, C. dan Hussain, M., (2011), “Toronto’s Urban Heat Island—Exploring the Relationship between Land Use and Surface Temperature”. *Journal of Remote Sensing*. No. 01.
- Risalah, N. (2011). *Keterkaitan Polutan Udara dan Suhu Permukaan Daratan Serta Distribusinya Di DKI Jakarta*. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Risdianto, D.Y. (2013). *Analisis Hubungan Antara Ozon Dengan Temperatur (Studi Kasus Data Lapan Watukosek Tahun 2000-2010)*. Posiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sari, N.K., Harsa, H., dan Boedisantoso, R., (2015), “Penentuan Korelasi Hujan, Ketinggian Lapisan Inversi, dan Hubungan dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya”. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.4. No.1.
- Sarwono, Jonathan. (2013), *Mengenal PLS-SEM*. Online. <http://jonathansarwono.info>. Diakses pada 22 Desember 2017.
- Sastrawijaya, A T. (2009), *Pencemaran Lingkungan*. Rinike Cipta, Jakarta.

- Schneider, P. (2015). *Validation of Satellite-Derive NO₂ Products and Trends Using MAX-DOAS Data*. Preparation for future Copernicus EO data. Copernicus atmosphere-EU.
- Sholihin, M. dan Ratmono, D. 2013. *Analisis SEM-PLS dengan WarpPLS 3.0 untuk Hubungan Nonlinier dalam Penelitian Sosial dan Bisnis*. ANDI, Yogyakarta.
- Skene, KJ., Gent, JF., Mckay, LA., Belanger, K., Leaderer, BP., Holford, TR. (2010), "Modeling Effects of Traffic and Landscape Characteristics on Ambient Nitrogen Dioxide Levels in Connecticut". *Atmosphere Environment Journal*. Vol. 44, No. 39.
- Sofyani, H. (2016). *Modul Praktik Partial Least Square (PLS) Untuk Penelitian Akuntansi Pendekatan Kuantitatif*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Stone, B. (2012), *City and the Coming Climate: Climate Change in the Places*. Cambridge University Press, New York.
- Sudiarta, I, W. (2013), *Pengantar Meteorologi Sebuah Ringkasan Versi 0.0*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram, Mataram.
- Sulistijorini. (2009), *Keefektifan dan Toleransi Jenis Tanaman Jalur Hijau Jalan Dalam Mereduksi Pencemar NO₂ akibat aktivitas Transpotasi*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Thoha, A.S. (2008), *Penggunaan Data Hotspot Untuk Monitoring Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Tjasyono, B. (2004), *Klimatologi*. ITB Press, Bandung.

- Tursilowati, L. (2015), *Urban Heat Island Dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim Dan Hubungannya Dengan Perubahan Lahan*. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, Bandung.
- Umami, D. dan Sutikno. (2010), *Analisis Indikator Pembangunan Berkelanjutan di Jawa Timur Menggunakan Metode Struktural Equation Modelling-Partial Least Square*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- UNESCAP (United nation Economic and Social Commission for Asia and Pasific). (2015), *Statistical Yearbook Asia and Pasific 2015*. Online. <http://www.unescap.org/resources/statistical-yearbook-asia-and-pacific-2015>. Diakses tanggal 21 Desember 2016.
- Vallero, D.A. (2008), *Fundamentals of Air Pollution, 4th, Ed.* Elsevier, United Kingdom.
- Wahyunto. (2007), *Peranan Citra Satelit dalam Penentuan Potensi Lahan*. Online. [http:// Litbang.deptan.go.id](http://Litbang.deptan.go.id). diakses pada 30 Maret 2016.
- Wardana, I.K. (2015), *Analysis of Urban Surface Temperaturef For Green Spaces Planning in Bandung, Indonesia*. Tesis. Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Widyatmanti, W dan Dini, N. (2008), *Geografi: Atmosfer dan Kondisi Geografis*. Grasindo: Jakarta.
- Wijaya, N. (2015), “Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Citra Landsat dan Sistem Informasi Geografis: Studi Kasus di Wilayah Metropolitan Bandung, Indonesia”. , *Journal of Geomatic and Planning*. Vol. 02, No. 02. Page 82-92.
- Wijayanti, D.N. (2012), *Gambaran dan Analisis Risiko NO₂ Per-Kota Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara*

Ambien Dengan Metode Pasif di Pusarpedal Tahun 2011. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.

World Bank. (1998), *Nitrogen Oxides*. Pollution Prevention and Abatement Handbook World Bank Group Effective July 1998.

Yackulic, C. B., Fagan, M., Jain, M., Jina, A., Lim, Y., Marlier, M., Muscarella, R., Adame, P., DeFries, R. and Uriarte, M. (2011), “Biophysical and Socioeconomic Factors Associated with Forest Transitions at Multiple Spatial and Temporal Scales”. *Journal of Ecology and Society*, Vol.16, No. 03.

Yoneyama, T., Hashimoto, A., dan Totsuka, T. (1980),. *Two Routes of Nitrogen Uptake by Plants from Atmospheric NO₂: Direct Incorporation into Aerial Plant Parts and Uptake by Roots after Absorption into the Soil*. Nihon University, Tokyo.

Yoneyama, T., Ito, O., danEngelaar, W. M. H. G. (2003), *Uptake, Metabolism, and Distribution of NitrogenInCropPlantsTraced by Enriched and Natural 15N*. Progress over the last 30 years, *Phytochem*.Page 121–132

Yang, F., Lau., Stephen S.Y, Feng, Q. (2011),. “Urban Design to Lower Summertime Outdoor Temperatures: An Empirical Study on High-Rise Housing in Shanghai”. *Journal Building and Environment*. Vol. 46. No. 03. Page 769-785.

Yunita, R. (2010), *Hubungan tingkat konsentersasi SO₂ dan NO₂ dengan Jumlah Kejadian ISPA Penduduk Kota Administrasi Jakarta Utara Tahun 2005-2010*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Jakarta

Zao, H dan Chen, X. (2005), “Remote Sensing Image-Based Analysis of The Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/Cover

Change”. *Journal Remote Sensing Environment*. Vol.104. No.02.
Page 133-146.

Zhang, Y., Cooper, A. Gaudel, T, P. Nédélec, S.-Y. Ogino, dan West, J. (2016),
“Tropospheric Ozone Change From 1980 To 2010 Dominated by
Equatorward Redistribution of Emissions”. *Journal of Nature
Geoscience* Vol.12. NOAA Scientific Publications Report November
21, 2016.

Zong-Ci, Z., Yong, L., Jiang-Bin, H. (2013), “Are There Impacts of Urban Heat
Island on Future Climate Change?”, *Journal of Climate Change
Research*, Volume 4. No.2. Page 133-136

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 1 Tabel Persentase Tutupan Lahan – Vegetasi (km²) 30 Kota Tahun 2007-2016

No.	KOTA	Luas (km ²)	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
			Luas vegetasi	% vegetasi																		
1	BANDA ACEH	56.0	22.6	40.4	21.16	37.8	18.09	32.3	15.09	26.9	15.09	26.9	15.88	28.4	15.99	27.8	15.72	28.1	15.33	27.4	15.18	27.1
2	PEKANBARU	631.0	523.0	82.9	522	82.7	519	82.3	519	82.3	517	81.9	515	81.6	508	80.5	502.4	79.6	500	79.6	500	79.2
3	MEDAN	283.0	117.8	41.6	116.11	41.0	115.93	41.0	115.1	40.7	113.43	40.1	110	38.9	108.52	38.3	107.38	37.9	106.34	37.6	105.84	37.4
4	JAMBI	172.0	38.0	22.1	36.92	21.5	36.8	21.4	35	20.3	32.15	18.7	32.6	19.0	29.3	17.0	29.3	17.0	28.9	16.8	28.8	16.7
5	BENGKULU	177.0	130.6	73.8	129.3	73.1	127.43	72.0	126.92	71.7	126.43	71.4	125.14	70.7	123.48	69.8	121.5	68.6	120.55	68.1	117.55	66.4
6	BANDAR LAMPUNG	176.0	92.8	52.7	90.78	51.6	89	50.6	88.56	50.3	87.8	49.9	88.69	50.4	79.2	45.0	76.42	43.4	76.24	43.3	75.32	42.8
7	PANGKAL PINANG	304.0	76.5	25.1	76.25	25.0	76.19	25.0	75.37	24.8	74.88	24.6	74.2	24.4	73.8	24.3	73.6	24.2	73.5	24.2	73.4	24.2
8	PALEMBANG	362.0	227.3	62.8	226.01	62.4	224.3	62.0	221.76	61.3	219.39	59.1	208.65	57.6	203.12	56.1	200.99	55.4	197.9	54.7	192.31	53.1
9	TANJUNGPINANG	133.0	94.5	71.0	94.5	71.1	94.5	71.1	93	69.9	92.77	69.8	76.14	57.2	76.9	57.8	77.3	58.1	60.12	45.2	64.5	48.5
10	PADANG	684.0	605.0	88.5	601	87.9	599	87.6	597	87.3	596	87.1	596	87.1	594	86.8	593	86.7	590	86.3	582	85.1
11	SERANG	266.0	230.0	86.5	229.3	86.2	229.2	86.2	228	85.7	221.9	83.4	221	83.1	219	82.3	218	82.0	216	81.2	214.6	80.7
12	BANDUNG	151.0	37.9	25.1	37.82	25.0	37.82	25.0	37.41	24.8	37.1	24.6	36	23.8	36.05	23.9	34.9	23.1	33.64	22.3	32.12	21.3
13	SEMARANG	379.9	210.5	55.4	210.5	55.4	211.21	55.6	210.5	55.4	204.72	53.9	202.9	53.4	201.15	53.2	201.86	53.1	201.63	53.1	201.27	53.0
14	SURABAYA	326.5	141.8	43.4	139	42.6	129.7	37.9	122.74	37.6	120.4	36.9	116.67	35.7	119.3	36.5	119.75	36.7	120	36.8	122.19	37.4
15	YOGYAKARTA	31.8	3.1	9.7	3.15	9.9	3.12	9.8	3	9.4	3.1	9.7	2.96	9.3	3.09	9.7	3.09	9.7	2.83	8.9	2.44	7.7
16	JAKARTA PUSAT	52.5	2.6	4.9	2.95	5.6	2.5	4.8	2.47	4.7	2.4	4.6	2.4	4.6	2.21	4.2	2.19	4.2	2.1	4.0	2.09	4.0
17	DENPASAR	121.6	49.0	40.3	48	39.5	48.3	39.7	47.3	38.9	46	37.8	44.89	36.9	44.2	36.3	43.19	35.5	43.19	35.5	42.45	34.9
18	MATARAM	60.2	32.3	53.7	31.63	52.5	29.5	49.0	28.25	46.9	25.88	43.0	23.38	38.8	23.5	39.0	23.5	39.0	23.98	39.8	20.77	34.5
19	KUPANG	154.0	125.3	81.3	125.25	81.3	125.23	81.3	125.23	81.3	125.23	81.3	117.4	76.2	115.8	75.2	95.78	62.2	94.7	61.2	92	59.7
20	PALANGKA RAYA	3049.0	3024.0	99.2	3015.2	98.9	3001.6	98.4	2997.7	98.3	2997	98.3	2990	98.1	2990	98.1	2988.8	98.4	2982	97.8	2967	97.0
21	SAMARINDA	722.0	648.2	89.8	646	89.5	645.7	89.4	645	89.3	643	89.1	640.5	88.7	578	80.1	571.4	79.1	548.9	76.0	545	75.5
22	BANJARMASIN	77.6	36.3	46.8	36.27	46.7	36.27	46.7	35.85	46.2	35.2	45.4	33.29	42.9	30.2	38.9	28.81	37.1	29	37.4	29.08	37.5
23	MAKASSAR	174.0	87.2	50.1	86.8	49.9	85.33	49.0	83.82	48.2	83.48	48.0	82	47.1	80.1	46.0	79.91	45.9	78	44.8	77.22	44.4
24	PALLU	395.0	349.1	88.4	346.3	87.7	345.6	87.5	345	87.3	345.6	87.7	344.7	87.3	340.3	86.2	339	85.8	332.3	84.1	333.52	84.4
25	KENDARI	265.0	220.9	83.4	218.4	82.4	218	82.3	216.3	81.6	215.68	81.4	215	81.1	210.6	79.5	208	78.9	208	78.5	209	78.9
26	GORONTALO	65.6	48.4	73.8	45.7	69.7	44.77	68.2	44.75	68.2	44.75	68.2	44.82	68.3	41.56	63.4	40.52	61.8	41.62	63.4	39.97	60.9
27	MANADO	145.0	104.8	72.3	103.18	71.2	102.3	70.6	102.42	70.6	103.63	71.5	99.8	68.8	97.09	67.0	96.19	66.3	92	63.4	93.72	64.6
28	TERNATE	100.8	86.3	85.6	86.7	86.0	83.8	83.1	84.8	84.1	83.7	83.0	82	81.3	81.3	80.7	79.3	78.7	78.6	78.0	77.1	76.5
29	AMBON	293.0	298.7	98.9	298.75	98.9	297.5	98.5	298	98.0	291.5	97.5	290.5	97.2	290	97.0	289	96.7	287.52	96.2	285.48	95.5
30	JAYAPURA	937.0	907.4	96.8	908	96.9	910	97.1	907.4	96.8	905.42	96.6	910	97.1	910	97.1	910	97.1	888.9	94.9	885	94.5

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Lampiran 2 Rekap Data NO2 (mg/m³) Bulanan 30 Kota Tahun 2007-2016

KOTA	2007												RERATA	2008												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUN	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	
BANDA ACEH	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	6.62	5.68	7.11	5.35	3.22	4.04	3.98	4.23	3.01	4.92	5.24	5.38	4.90
PEKANBARU	8.98	9.12	7.91	9.10	6.67	10.39	8.75	9.37	15.46	12.57	10.70	12.13	10.20	7.54	9.61	13.47	7.67	8.90	11.14	11.06	11.22	14.18	9.50	10.39	5.32	10.00
NEDAN	14.57	16.25	15.52	14.76	13.58	17.30	17.83	17.75	13.95	15.78	15.97	13.05	15.53	16.09	18.02	12.41	15.43	18.58	14.97	17.10	16.83	18.45	15.65	15.59	14.52	16.14
JAMBI	4.01	6.05	5.54	6.37	3.37	6.30	9.10	4.97	11.97	-8.53	6.30	6.88	5.29	7.83	7.00	6.68	5.48	6.68	5.41	8.47	4.14	18.40	7.07	22.73	0.00	8.32
BENGKULU	1.49	7.17	0.98	3.50	3.95	4.48	4.46	6.11	7.00	3.63	5.09	4.29	4.35	4.20	4.63	3.08	5.24	4.20	3.90	5.54	6.43	8.45	9.00	1.57	5.07	5.11
BANDAR LAMPUNG	9.98	7.72	11.22	10.78	19.16	19.10	21.53	21.41	20.40	17.92	13.97	14.37	15.63	8.40	5.11	9.07	11.84	18.10	22.41	21.77	21.36	13.72	15.61	8.69	8.07	13.68
PANGKAL PINANG	4.14	4.49	4.14	6.11	4.27	4.39	6.38	4.90	10.15	8.98	9.07	3.66	5.87	5.76	3.79	3.60	4.77	4.20	4.62	4.04	4.81	10.38	9.23	9.96	3.44	5.72
PALEMBANG	2.96	3.14	4.52	6.53	5.70	6.32	7.24	8.30	13.85	11.57	13.77	10.41	7.86	5.25	5.11	3.07	5.36	5.71	5.84	7.69	8.16	12.92	13.64	6.54	0.29	6.63
TANJUNG PINANG	32.31	17.70	34.09	28.43	12.99	16.81	10.73	10.38	12.76	19.86	28.52	24.48	20.75	19.10	17.44	22.82	21.30	9.58	10.63	9.23	12.19	16.52	19.07	17.44	17.09	16.04
PADANG	7.32	7.02	7.74	6.81	8.21	6.14	6.92	7.00	10.74	7.54	5.17	6.25	7.24	6.11	7.29	5.97	7.16	7.34	6.68	11.13	6.89	11.81	10.47	5.59	2.91	7.45
SERANG	14.13	22.25	23.08	39.60	45.68	46.70	49.91	45.11	43.51	34.47	30.72	42.75	36.49	23.72	6.24	38.96	29.89	45.74	46.61	45.52	43.90	37.56	28.68	27.06	23.59	33.12
BANDUNG	15.09	0.00	22.98	15.47	20.31	17.89	15.66	17.13	17.83	16.11	18.84	14.32	15.97	18.65	16.30	18.97	19.10	17.57	18.84	21.26	17.89	16.30	15.79	8.53	13.18	16.87
SEMARANG	15.47	19.16	12.31	14.43	14.13	12.90	15.07	12.84	14.77	15.05	13.73	13.71	14.46	16.49	16.47	14.32	13.07	13.67	13.50	15.13	14.58	12.81	13.14	10.74	12.24	13.85
SURABAYA	19.66	24.51	21.20	19.69	20.17	24.70	23.41	23.46	25.67	20.87	20.82	21.12	22.11	22.87	15.18	23.65	25.64	19.74	23.36	26.12	25.45	23.87	20.36	14.12	17.95	21.53
YOGYAKARTA	8.66	10.12	7.00	12.61	8.66	8.34	8.72	6.18	7.64	9.74	6.11	6.48	8.36	8.53	12.03	10.00	8.34	9.36	9.17	10.57	9.49	8.02	9.55	6.94	2.29	8.69
JAKARTA PUSAT	41.51	45.01	46.16	50.10	48.01	63.73	50.61	52.46	52.84	43.23	52.65	37.75	48.67	31.00	27.06	54.24	50.10	56.73	52.20	53.92	47.56	51.82	36.67	47.37	38.07	45.56
DENPASAR	5.00	7.13	6.65	3.95	6.05	6.21	5.16	3.09	5.28	5.92	4.77	6.65	5.49	5.76	4.49	6.40	4.87	5.13	5.73	6.24	5.73	5.67	7.93	9.30	3.85	5.92
MATARAM	7.00	6.18	4.27	4.14	3.76	5.09	5.48	4.52	4.71	5.92	5.22	5.22	5.12	6.30	5.09	4.46	4.65	5.22	4.46	5.60	6.30	5.48	5.79	3.57	3.82	5.06
KUPANG	1.69	3.37	3.12	0.38	2.83	2.29	4.27	3.41	4.55	5.54	4.04	3.72	3.27	3.92	3.69	2.20	2.80	4.14	3.12	4.46	5.09	4.65	5.54	5.25	2.67	3.96
PALANGKA RAYA	2.83	3.51	6.57	2.75	3.13	1.76	5.25	5.25	11.37	15.48	6.93	2.73	5.63	4.92	3.39	5.06	3.24	1.77	5.42	4.19	4.36	7.68	11.67	7.01	1.81	5.04
SAMARINDA	2.02	5.77	6.51	5.48	4.73	6.20	6.62	8.40	16.17	15.49	7.36	6.51	7.61	7.02	6.92	1.32	6.90	4.97	5.37	9.95	9.23	8.81	15.85	9.95	7.79	7.84
BANARMASIN	4.01	5.09	6.05	5.41	4.46	3.57	4.07	5.98	10.25	10.63	6.18	5.73	5.95	4.39	3.12	3.44	3.37	2.99	5.35	4.27	5.16	8.47	6.43	6.24	3.76	4.75
MAKASSAR	5.06	3.41	4.81	2.23	6.72	4.17	4.90	5.38	7.70	6.02	6.81	3.50	5.06	9.14	6.27	5.22	3.31	4.14	5.03	4.48	6.75	7.77	6.78	4.52	4.84	5.69
PALU	2.78	3.61	1.32	1.95	3.42	3.25	1.63	3.12	5.73	4.01	4.12	2.50	3.12	6.49	3.50	2.27	3.71	2.82	4.37	2.72	2.89	3.03	4.31	5.84	4.29	3.85
KENDARI	5.28	2.95	4.36	2.83	1.93	1.23	3.29	2.61	2.98	2.66	3.21	3.15	3.01	5.62	4.76	4.85	2.59	1.23	2.96	2.58	9.18	3.77	2.75	4.62	2.51	3.95
GORONTALO	2.63	0.74	1.08	2.04	2.33	1.17	2.10	3.76	2.89	2.25	3.25	3.57	2.32	3.78	3.12	3.88	2.19	1.61	1.55	0.98	1.10	4.39	2.99	3.44	2.93	2.66
MANADO	2.45	4.84	1.75	2.48	2.64	2.93	2.29	2.26	4.11	3.53	4.23	3.41	3.08	3.15	2.20	3.09	1.91	1.08	2.13	1.72	2.80	2.32	3.02	2.74	2.16	2.36
TERNATE	0.70	2.04	2.86	1.46	2.80	1.46	1.53	0.38	1.21	2.10	4.01	2.48	1.92	3.50	3.37	2.67	2.16	2.42	2.23	3.50	0.06	3.69	0.70	3.50	2.67	2.54
AMBON	1.46	2.63	1.15	1.29	2.95	1.91	1.15	3.31	1.89	2.99	3.23	2.53	2.21	3.12	3.10	2.27	3.48	1.17	1.99	1.68	4.05	2.25	3.97	2.74	2.57	2.70
JAYAPURA	0.98	1.69	2.41	0.88	1.94	1.29	1.49	3.90	5.83	2.53	2.90	2.18	2.30	2.75	2.08	1.86	2.34	3.46	3.17	2.11	2.30	3.09	2.47	3.13	2.23	2.98

Lanjutan Lampiran 2...

KOTA	2009													RERATA	2010												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	JAN		FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		
BAHUA MULIH	7,64	5,57	5,90	5,35	2,34	3,02	2,80	4,74	4,42	4,17	4,97	6,83	4,81	5,73	5,87	7,53	4,97	7,16	4,55	5,11	4,92	1,19	3,66	7,30	4,98	5,20	
BLAKANBAU	10,36	12,14	13,78	8,02	11,22	11,27	11,41	11,48	21,96	15,92	9,20	4,84	11,80	10,63	14,94	18,29	6,10	16,48	10,88	9,57	7,70	12,00	14,98	10,30	13,74	12,10	
MLUAN	15,06	13,23	17,47	14,80	15,84	17,75	15,04	20,30	18,22	16,88	12,90	19,12	16,39	15,80	15,41	16,88	19,96	21,20	17,85	13,70	16,67	12,89	11,26	12,96	11,92	15,54	
JAMRI	8,47	6,37	6,48	6,88	4,77	8,28	8,34	9,17	13,37	21,26	7,51	0,00	8,41	7,07	7,89	6,05	7,26	7,19	8,21	11,33	7,30	7,45	14,52	14,45	15,79	9,54	
RECNKILU	3,03	-1,21	4,52	3,98	3,61	4,03	4,84	6,73	15,47	8,30	7,28	3,73	5,33	3,35	3,93	3,20	4,30	5,75	5,39	2,95	4,16	9,23	5,88	6,37	3,57	4,84	
RANDALAMPUNG	7,36	8,44	11,08	11,00	13,48	17,71	16,11	18,37	15,90	16,79	16,15	8,42	13,35	6,48	7,21	9,52	7,89	15,28	17,30	16,12	15,25	13,26	11,19	10,33	7,90	11,44	
PANCAI PINANG	3,02	4,46	6,18	6,18	5,19	4,90	6,09	7,10	10,98	10,15	6,27	5,08	6,30	4,52	6,84	5,51	5,32	3,88	4,77	6,08	6,05	8,56	8,47	7,45	4,27	5,98	
PALEMBANG	3,57	1,72	7,13	5,63	6,99	7,96	8,23	8,20	26,72	16,55	0,05	4,25	8,08	8,28	4,20	7,51	5,48	5,98	4,44	7,07	8,40	20,10	12,19	12,05	8,53	8,69	
TANJUNGPINANG	16,39	18,69	27,66	13,34	14,93	11,65	11,68	13,15	20,72	19,13	39,03	21,42	18,98	18,78	17,32	24,64	26,01	16,71	24,48	13,08	9,77	16,07	15,18	18,49	24,86	18,78	
PADANG	5,41	3,21	5,09	6,67	8,23	6,11	9,74	9,23	7,88	11,65	9,15	6,64	7,42	3,48	4,85	6,21	6,06	8,96	3,87	9,79	5,94	7,98	8,30	3,93	6,24	6,30	
SLIANG	16,43	12,22	31,39	40,68	35,62	41,19	49,90	44,82	32,88	37,94	37,62	29,54	33,89	14,29	19,79	35,65	27,44	34,60	32,60	49,08	44,31	32,85	21,39	29,44	15,82	31,44	
LANDUNG	12,03	26,99	19,10	14,13	17,95	17,38	17,06	15,22	15,72	19,42	14,45	16,43	17,16	19,61	20,24	18,21	20,63	16,93	13,31	17,25	15,98	12,10	10,89	18,21	2,42	15,48	
SEMARANG	12,80	17,00	13,20	15,17	13,81	13,31	13,75	13,26	12,22	13,03	15,75	14,54	13,99	17,10	15,15	15,56	17,57	10,90	11,98	14,40	10,36	13,03	10,12	12,56	8,64	13,08	
SUMAYYA	16,43	19,98	20,02	21,20	23,89	18,73	23,81	21,30	21,90	22,35	17,94	27,04	21,18	22,78	20,21	21,28	28,89	19,94	20,32	20,31	22,73	16,66	22,15	15,63	24,99	21,32	
YOGYAKARTA	8,53	7,32	9,17	10,30	9,36	9,10	8,34	7,51	8,40	9,80	9,10	7,70	8,72	11,52	10,19	10,89	7,83	7,96	9,42	8,28	8,21	12,80	7,07	8,53	12,67	9,61	
JAKARTA PURAT	20,18	29,73	47,43	59,53	43,93	47,30	53,03	56,02	44,50	41,32	32,40	44,12	43,29	30,37	67,93	53,10	47,56	48,89	50,55	57,11	51,19	45,01	45,58	48,26	30,49	48,00	
DENDASAR	5,57	6,14	5,03	5,51	7,74	5,60	5,00	5,67	5,09	6,56	6,75	7,61	6,02	7,64	7,45	8,28	6,49	7,26	6,40	5,60	6,53	4,87	4,93	7,54	9,01	6,83	
MATARAM	7,07	3,82	4,01	7,19	4,39	4,52	3,63	4,39	3,57	6,43	5,41	6,75	5,10	5,98	6,24	8,34	4,77	2,93	3,57	5,79	4,39	6,24	4,01	6,30	3,76	5,19	
KUPANG	2,58	2,77	2,13	2,48	2,64	2,93	3,69	4,20	2,42	5,63	4,27	4,58	3,36	3,06	3,95	3,18	2,20	1,53	2,86	3,02	4,62	2,99	2,01	5,95	3,02	3,20	
PALANGKA RAYA	4,41	2,84	4,38	2,66	4,94	3,96	4,72	9,58	12,91	16,61	11,66	6,89	7,13	4,23	4,89	3,89	4,55	3,41	4,89	3,28	6,82	11,89	14,00	5,17	2,93	5,83	
SAMARINDA	7,30	4,84	7,62	6,58	6,20	8,57	6,49	10,48	13,50	14,58	9,78	9,90	8,83	5,03	5,77	6,66	7,19	8,70	9,53	12,27	15,32	20,90	11,97	10,97	3,29	9,80	
BANJARMASIN	5,48	2,86	5,03	3,95	3,95	3,76	4,20	7,89	6,81	13,05	9,93	4,14	5,92	5,35	5,92	3,95	3,25	3,76	4,14	7,77	9,17	7,00	10,06	4,71	7,45	6,04	
MAKASSAR	2,36	5,60	4,42	5,44	5,99	4,65	4,81	6,78	6,56	8,72	6,40	10,54	6,02	3,88	5,48	4,97	4,04	4,30	2,55	4,33	6,84	5,09	5,98	6,05	5,44	4,91	
PALU	4,22	5,48	2,14	1,89	4,48	1,23	3,57	4,58	5,01	4,80	5,77	5,05	4,02	2,70	2,31	3,76	2,74	2,53	4,44	0,21	4,67	4,27	6,60	2,57	4,10	3,41	
KLINDARI	4,17	4,70	2,77	2,47	2,16	2,16	4,12	1,97	2,07	3,60	4,03	5,43	3,31	3,28	3,45	2,91	4,74	3,14	1,43	2,55	-0,24	3,25	5,03	3,49	4,90	3,13	
CORONTALU	3,76	2,84	3,03	2,12	2,70	1,70	1,38	2,31	4,33	3,23	3,12	3,80	2,86	3,88	2,16	3,27	3,12	2,90	1,12	1,25	4,33	2,25	3,93	1,06	3,84	2,73	
MANADO	2,26	1,62	3,02	3,15	1,43	1,46	3,34	2,26	4,23	3,28	3,57	2,86	2,71	2,04	3,44	1,31	2,36	2,45	2,96	1,31	1,21	2,39	2,96	2,86	2,39	2,31	
TERNA T	2,48	1,72	0,25	1,27	2,42	2,23	2,67	1,85	1,72	2,29	3,69	3,50	2,18	2,61	1,21	3,69	2,67	0,32	2,42	1,85	1,59	3,82	3,57	4,90	4,33	2,75	
AMRON	1,83	1,08	3,31	2,21	0,85	0,98	0,70	3,20	3,63	3,88	1,95	2,42	2,17	2,91	2,44	2,70	0,89	2,33	4,05	0,04	0,76	3,61	3,25	3,08	2,38	2,37	
JAYAPURA	1,30	2,78	3,09	1,80	1,44	2,01	3,55	2,76	3,48	3,74	1,43	1,91	2,44	1,63	3,31	2,38	2,11	2,62	2,02	2,01	2,76	4,94	5,17	2,43	1,88	2,77	

Lanjutan Lampiran 2...

KOTA	2011												RERATA	2012												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	
BAHUA MULI	9.04	7.31	4.11	5.27	2.86	2.83	3.99	6.13	3.87	5.78	5.44	3.77	5.03	6.19	8.07	4.57	5.25	3.77	3.26	4.14	3.63	3.68	5.41	4.70	6.10	4.90
BLAKANBAU	14.02	17.46	16.60	9.66	9.26	5.75	8.39	16.57	20.60	24.57	1.29	13.96	13.18	12.96	11.95	13.77	9.68	11.55	7.70	9.02	10.71	26.87	15.77	12.83	8.47	12.57
MLUAN	9.08	22.60	7.35	14.13	16.02	15.19	15.01	20.97	19.80	15.02	16.37	15.24	15.57	16.36	17.09	13.75	14.91	15.05	19.67	14.94	19.96	14.45	17.91	16.32	14.54	16.21
JAMRI	5.79	7.70	10.00	5.96	9.87	7.19	-1.02	14.45	24.13	9.87	5.67	1.91	8.46	19.42	5.09	7.13	6.43	6.43	11.65	7.96	10.19	33.30	15.72	0.00	12.61	11.33
RECKLUU	3.63	3.65	2.91	2.53	4.90	6.79	4.54	4.75	10.04	6.92	5.52	3.67	4.99	3.82	3.95	4.69	4.77	5.88	4.07	5.31	6.01	10.27	9.42	7.79	6.24	6.02
RANDE LAMPUNG	7.16	10.14	8.79	13.42	17.14	17.36	21.45	20.93	16.85	15.98	18.16	9.28	14.72	5.33	8.21	10.12	17.48	17.27	20.40	17.19	17.03	18.73	15.85	10.55	10.84	14.08
PANCAI PINANG	7.70	6.24	5.06	6.65	4.71	5.89	5.76	5.60	10.60	11.81	7.86	6.21	7.01	5.38	3.95	6.18	5.57	5.22	4.65	5.70	6.49	11.49	13.53	8.09	7.67	6.99
PALEMBANG	0.00	2.55	-5.97	6.11	7.91	8.10	9.63	9.37	21.93	27.10	5.51	3.93	8.01	6.30	6.10	10.44	3.90	6.61	4.98	7.29	12.68	22.31	24.08	9.42	12.80	10.58
TANJUNG PINANG	19.80	19.13	30.40	19.74	35.81	10.79	11.75	12.89	13.72	19.80	23.11	20.95	19.82	22.31	20.15	31.07	16.52	14.61	9.10	8.56	9.10	14.20	21.14	33.39	20.79	18.41
PACANG	1.72	4.20	6.49	5.08	8.82	8.48	7.05	13.00	13.66	11.27	10.22	8.93	8.24	7.32	8.63	5.73	6.06	9.07	9.20	10.22	7.96	10.84	12.91	8.37	6.54	8.54
SLIANG	12.61	20.31	14.74	35.33	39.47	42.02	43.55	38.61	35.46	39.18	39.09	20.85	31.77	16.01	24.67	16.87	37.99	43.10	46.35	40.94	35.43	41.13	31.16	31.35	20.15	32.06
LANDUNG	11.97	18.02	12.61	15.22	16.87	17.25	20.69	13.31	17.95	15.60	11.27	13.81	15.38	12.99	21.26	10.50	17.00	19.35	15.41	15.15	12.67	17.38	14.58	21.52	27.88	17.14
SEMARANG	10.38	14.15	14.96	17.80	11.99	13.84	16.13	11.29	12.22	14.98	12.67	14.09	13.71	12.88	10.04	12.67	11.80	10.50	12.10	14.35	12.31	15.62	13.35	14.20	14.15	12.83
SUMAYYA	20.04	22.47	22.38	28.28	22.47	26.34	24.67	23.68	21.80	20.77	20.40	20.26	22.80	17.00	24.64	19.89	22.44	21.47	19.96	25.75	21.07	25.07	23.38	22.93	24.99	22.38
YODHAKARTA	11.14	10.70	9.61	9.23	7.00	7.51	9.10	8.28	6.81	8.99	11.46	6.49	8.83	7.45	6.56	8.09	6.24	6.24	7.70	8.28	7.96	7.26	9.80	8.40	8.53	7.71
JAKARTA PUSAT	0.00	37.43	26.55	53.35	50.48	56.91	55.45	41.19	47.75	53.73	39.92	41.95	42.06	32.79	39.73	37.56	39.85	48.70	49.72	49.85	38.83	49.85	44.37	42.91	32.28	42.20
DENDASAR	7.64	10.38	6.72	7.96	9.33	6.14	6.56	7.35	7.80	6.43	7.80	8.63	7.73	6.65	7.70	6.99	7.07	6.62	5.63	6.53	7.00	7.29	7.96	9.33	11.75	7.51
MATARAM	5.98	8.28	6.68	5.41	6.75	5.79	4.46	6.75	6.11	6.43	7.00	6.81	6.37	8.02	6.11	3.31	3.95	4.90	3.88	4.27	6.62	4.65	5.73	4.71	8.47	5.38
KUPANG	2.80	2.26	0.57	4.07	3.12	3.18	3.85	5.76	4.36	4.11	3.63	3.21	3.41	4.30	2.13	3.21	2.61	3.60	2.61	4.97	4.74	4.27	4.68	5.67	5.16	3.99
PALANGKA RAYA	3.47	2.80	4.48	2.22	4.47	5.21	4.63	9.92	6.62	11.85	4.13	6.78	5.55	5.40	2.99	5.91	0.18	2.63	4.29	8.20	10.96	18.43	15.74	7.25	5.99	7.33
SAMARINDA	2.99	8.02	6.83	5.94	8.59	8.72	7.72	13.35	17.78	11.50	9.97	6.60	8.97	6.28	8.32	8.13	10.97	7.24	10.08	6.62	13.20	15.05	20.37	8.91	8.09	10.27
BANJARMASIN	5.22	2.48	7.45	3.12	4.33	6.37	6.37	8.85	9.74	14.45	8.85	2.99	6.68	2.67	7.98	4.27	6.62	5.16	3.31	6.88	8.02	15.72	15.41	8.02	3.31	7.25
MAKASSAR	5.29	8.24	5.83	4.74	7.93	5.19	8.85	7.86	8.40	7.32	5.60	6.56	6.81	3.88	3.28	4.90	5.79	3.72	5.54	6.88	8.02	6.91	7.13	10.70	6.21	6.08
PALU	3.16	3.80	2.23	3.20	4.24	3.31	2.82	5.54	4.56	4.65	5.69	1.12	3.69	3.27	2.80	4.35	5.07	5.39	4.56	1.76	4.75	7.60	4.80	4.52	4.84	4.48
KLUNDARI	3.84	7.32	3.49	4.42	2.36	-0.40	3.01	2.72	3.71	2.29	3.57	3.41	3.31	6.27	5.75	4.50	3.53	2.77	4.42	2.44	2.61	5.00	4.98	3.34	5.62	4.27
GORONTALO	3.61	3.46	1.57	3.12	4.65	4.63	2.14	3.57	1.87	4.39	4.39	2.12	3.29	1.74	2.91	2.86	3.42	2.84	1.59	2.25	3.69	5.60	5.24	2.80	3.18	3.18
MANADO	0.76	3.15	3.09	1.78	2.74	3.66	2.80	2.16	2.93	5.00	4.27	2.86	2.93	3.25	2.58	3.12	2.86	1.56	1.46	2.42	5.12	2.58	3.02	1.78	4.20	2.83
TERNATE	0.70	2.55	2.61	3.31	3.44	1.97	0.70	3.37	3.57	2.29	4.84	0.76	2.51	3.50	-1.08	4.46	3.18	3.31	2.55	1.66	3.95	4.39	3.95	2.23	3.95	3.00
AMROH	-0.02	1.97	3.03	2.89	-0.13	1.85	3.65	0.95	2.55	2.86	1.00	2.86	1.96	2.12	2.84	2.61	3.57	2.48	3.61	1.70	3.78	3.03	3.86	3.14	3.37	3.01
JAYAPURA	1.43	1.44	0.95	1.66	2.65	2.44	5.30	1.59	1.24	4.13	4.69	3.65	2.60	2.75	1.69	3.00	2.92	3.35	1.90	2.18	3.51	4.00	3.41	4.97	2.97	3.06

Lanjutan Lampiran 2...

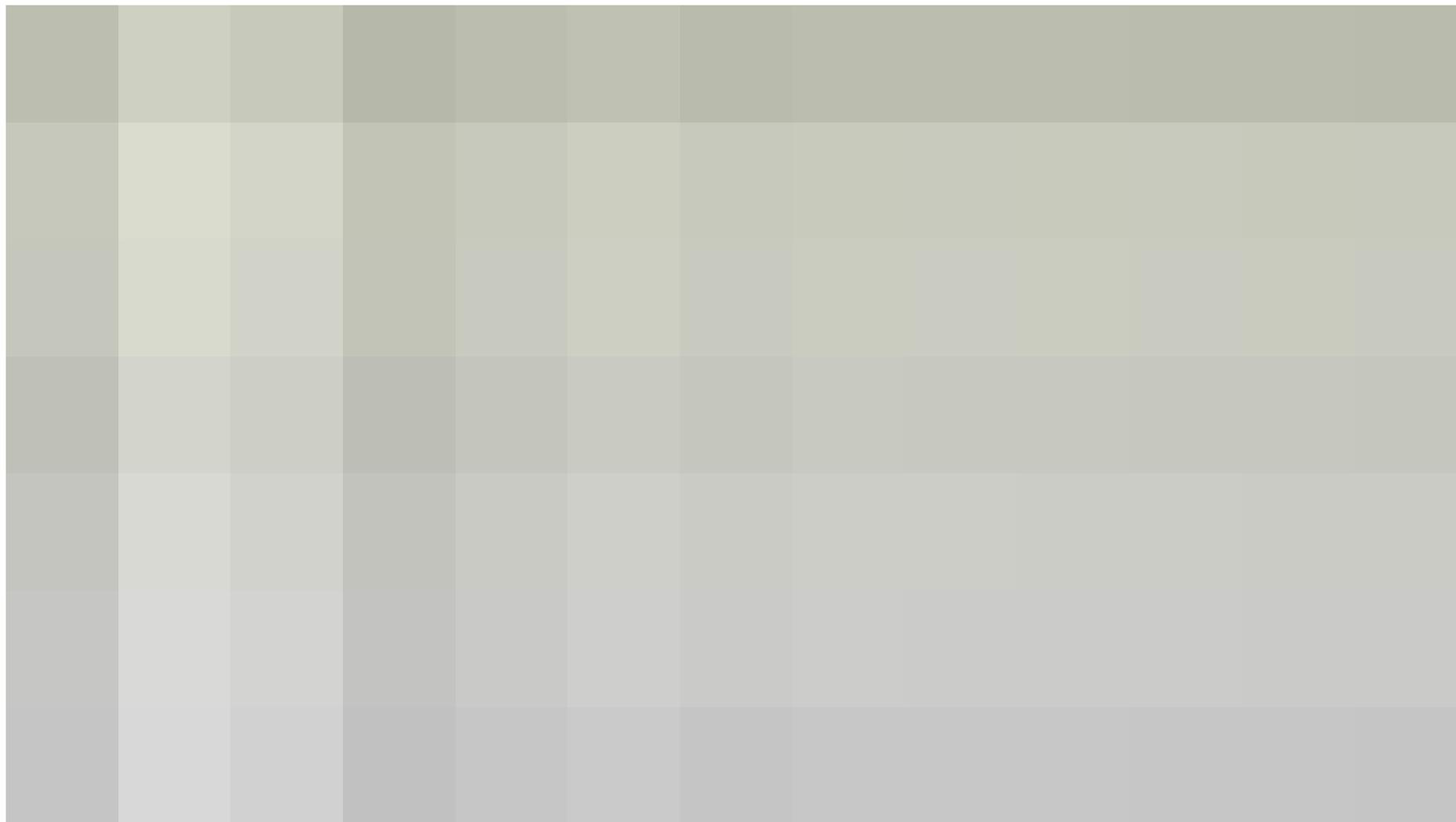
KOTA	2013												RERATA	2014												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	
BANDA ACEH	7.69	8.45	5.71	5.08	4.68	4.11	4.82	4.81	3.74	2.28	7.19	5.00	5.29	7.26	7.13	8.82	5.20	5.43	3.23	4.27	3.72	11.98	8.04	5.73	6.27	6.42
PEKANBARU	10.30	13.83	19.32	11.60	11.13	12.37	11.71	14.23	9.66	4.49	14.87	2.98	11.37	10.50	19.96	15.58	12.10	16.93	6.34	13.43	10.00	17.24	25.45	11.97	6.49	13.82
MEDAN	13.20	18.64	16.91	14.22	18.46	13.95	21.24	21.24	21.33	30.21	21.00	8.47	18.32	28.32	38.55	33.04	29.06	33.51	26.06	25.90	29.97	15.71	28.41	26.37	27.95	28.57
JAMBI	0.70	6.75	8.59	3.76	3.37	11.78	11.20	11.52	17.70	15.15	28.01	0.00	9.88	0.00	12.35	12.61	3.50	8.02	4.97	7.89	1.85	16.23	0.00	28.97	0.00	8.03
BENGKULU	4.60	3.10	6.71	3.40	4.84	4.35	3.10	4.52	8.66	5.07	2.55	2.44	4.44	3.16	3.42	7.30	2.93	8.81	5.16	1.70	5.56	7.96	5.77	2.67	3.40	4.82
BANDAR LAMPUNG	5.76	13.00	11.79	11.83	13.99	8.37	12.46	16.89	10.95	11.51	6.11	7.42	10.84	0.91	9.37	24.13	9.06	22.01	17.59	13.67	18.53	13.64	14.42	18.81	5.81	14.00
PANGKAL PINANG	6.14	5.41	5.95	11.78	5.28	5.00	6.88	6.68	9.68	11.24	11.49	9.01	7.88	2.80	7.45	5.95	11.78	5.28	5.00	6.88	6.68	9.68	11.24	11.49	9.01	7.77
PALEMBANG	0.76	8.91	11.62	5.89	6.51	8.13	9.10	8.93	8.87	10.30	18.24	-4.22	7.75	7.83	4.57	6.19	12.91	14.56	12.84	9.33	16.97	19.58	18.02	19.86	-3.61	11.99
TANJUNG PINANG	20.02	17.19	16.65	27.95	19.04	30.18	11.84	9.20	9.71	13.72	15.37	28.04	18.24	20.75	20.95	27.34	22.86	16.49	11.40	13.69	6.27	18.08	17.38	27.73	15.72	18.22
PADANG	5.28	4.71	8.83	6.08	5.08	5.44	7.62	8.26	3.10	12.38	1.89	4.52	6.10	12.88	12.40	16.87	7.80	23.30	9.92	10.71	13.51	7.21	16.07	9.95	10.85	12.62
SERANG	9.42	32.05	24.61	37.82	35.52	28.11	31.32	49.94	38.61	42.46	27.79	35.65	32.78	68.66	33.30	55.20	20.98	45.52	51.12	47.78	41.22	50.04	40.65	37.59	26.52	43.21
BANDUNG	14.20	15.60	21.58	19.23	22.22	14.52	11.40	17.06	17.32	30.75	18.53	28.71	19.26	21.33	27.88	31.90	29.03	34.31	40.94	18.78	17.32	16.36	19.04	26.87	42.02	27.15
SEMARANG	15.79	12.73	12.67	13.18	12.97	13.75	11.93	10.82	13.01	13.56	13.41	15.26	13.26	29.45	13.01	16.96	15.19	8.55	16.64	11.08	9.34	12.78	13.77	18.99	13.03	14.90
SURABAYA	19.67	25.04	23.83	21.26	21.17	22.93	22.00	29.05	33.20	33.93	39.41	32.96	27.04	32.53	26.18	38.71	34.03	34.89	29.25	26.69	31.26	29.78	33.68	37.37	26.04	31.70
YOGYAKARTA	12.54	12.73	11.08	12.16	10.06	9.29	10.31	7.83	7.89	9.55	6.43	13.75	10.30	17.19	9.10	14.52	12.29	8.02	10.89	6.56	10.06	17.32	9.55	18.14	10.57	12.02
JAKARTA PUSAT	10.82	57.93	54.05	63.73	46.67	43.16	46.28	64.87	66.97	64.55	67.16	85.69	55.99	96.90	89.89	119.62	63.34	77.67	84.29	63.15	52.08	71.05	62.96	63.54	45.65	74.18
DENPASAR	8.82	6.43	8.94	5.92	6.59	9.87	6.08	5.92	5.57	10.50	9.45	4.62	7.39	10.22	6.94	17.73	11.43	8.98	11.20	9.10	9.49	8.31	10.47	10.19	13.88	10.66
MATARAM	5.73	5.16	7.70	6.81	6.62	8.40	2.99	4.97	6.75	5.48	9.23	7.07	6.41	8.15	7.89	4.97	9.80	7.64	5.35	8.21	5.54	8.72	8.09	10.95	8.40	7.81
KUPANG	3.82	3.44	2.10	1.97	2.39	3.37	3.09	4.77	5.98	5.12	2.07	5.41	3.63	2.32	5.89	1.31	4.07	3.41	2.32	1.75	3.12	5.44	5.57	7.26	2.95	3.79
PALANGKA RAYA	4.83	8.30	4.51	5.47	6.80	6.47	1.12	8.49	8.90	8.78	5.58	2.73	6.00	4.49	3.66	-0.34	4.37	4.32	3.83	4.30	3.82	8.52	7.37	15.46	6.94	5.56
SAMARINDA	6.43	7.94	7.26	8.15	12.75	9.15	14.35	4.63	12.31	27.12	17.36	11.65	11.59	11.20	16.40	19.57	13.60	12.48	17.66	11.78	13.50	15.05	20.46	13.84	10.00	14.63
BANJARMASIN	5.09	3.57	8.91	4.77	5.03	6.18	8.66	10.50	16.81	5.22	5.28	2.42	6.87	6.56	6.18	10.82	9.23	7.32	1.72	6.88	4.46	10.50	13.62	14.45	2.55	7.86
MAKASSAR	5.22	5.06	5.54	6.37	3.21	4.97	5.44	4.49	4.93	7.54	6.18	7.58	5.54	5.57	8.50	8.12	3.02	5.73	3.98	2.13	3.25	8.34	6.81	8.85	7.74	6.00
PALU	4.24	3.08	4.24	2.53	3.99	3.97	9.46	0.55	2.91	5.75	0.47	-1.27	3.33	16.02	1.83	4.33	1.76	3.23	7.05	8.51	1.72	1.83	5.90	6.26	1.93	5.03
KENDARI	7.77	4.74	6.43	3.42	1.89	2.96	4.52	-1.08	1.05	5.70	4.62	0.72	3.56	8.67	11.70	3.60	3.80	3.77	2.04	1.66	3.18	4.54	4.82	6.21	4.57	4.88
GORONTALO	5.62	1.89	2.38	2.14	3.67	3.54	-0.91	2.80	1.23	1.93	3.48	2.86	2.55	-0.11	0.32	0.95	3.71	0.66	2.63	2.25	5.28	3.67	5.84	2.16	2.10	2.46
MANADO	2.61	2.77	2.23	2.36	2.86	2.93	0.41	1.11	2.99	6.49	1.69	3.92	2.70	4.07	4.52	4.23	4.17	2.45	3.63	4.30	0.13	3.88	3.25	3.02	-2.20	2.96
TERNATE	2.61	3.88	0.45	1.91	4.20	3.95	0.83	2.80	2.10	2.42	1.15	3.69	2.50	-2.42	5.73	-1.91	0.57	1.27	3.06	1.15	4.84	3.63	6.81	1.72	-2.80	1.80
AMBON	1.36	2.57	1.97	2.70	3.25	1.51	3.12	-0.32	-0.28	1.51	3.99	2.08	1.95	1.27	1.23	1.00	0.79	0.13	3.08	0.34	3.95	1.78	3.88	5.03	1.91	2.03
JAYAPURA	3.81	3.69	3.23	2.05	4.00	3.35	2.22	1.82	0.97	1.74	-1.31	6.96	2.71	7.69	4.71	2.90	5.28	3.85	1.02	4.10	2.93	12.91	1.91	0.14	3.79	4.27

Lanjutan Lampiran 2...

KOTA	2015												RERATA	2016												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	
BANDA ACEH	5.00	7.75	5.32	3.41	3.60	3.33	4.97	2.31	2.47	6.59	7.90	8.13	5.06	8.88	8.21	7.07	6.27	2.67	2.23	3.14	3.88	0.30	4.55	17.79	6.02	5.92
PEKANBARU	11.00	4.82	13.62	14.02	1.23	6.65	12.10	11.28	0.00	0.00	17.49	16.17	9.03	10.03	4.23	30.48	20.95	27.20	12.30	7.70	15.53	11.01	16.97	5.43	7.91	14.11
MEDAN	25.30	21.53	18.19	20.36	22.70	20.69	18.42	20.64	10.24	15.81	44.54	16.29	21.23	31.42	20.02	24.10	21.07	22.66	22.19	14.07	29.07	23.91	22.65	28.65	0.00	21.65
JAMBI	11.78	0.25	10.00	12.10	3.37	5.03	5.35	10.76	7.83	0.00	13.94	7.45	7.32	4.33	7.96	11.08	-4.01	13.31	22.73	0.13	13.50	0.00	14.39	17.57	0.00	8.41
BENGKULU	4.05	4.88	4.54	-1.32	4.94	6.09	2.97	5.43	8.74	14.83	9.87	2.93	5.66	2.99	0.51	-5.14	2.48	4.73	2.99	-1.27	4.01	4.73	-1.89	1.38	9.07	2.05
BANDAR LAMPUNG	4.14	14.15	8.02	11.08	24.53	20.88	20.13	17.44	15.45	19.21	18.38	16.08	15.78	18.40	7.29	11.10	19.67	50.95	9.44	26.56	17.28	19.85	4.04	15.72	-0.16	16.65
PANGKAL PINANG	3.92	6.46	6.78	4.77	4.42	2.20	3.88	5.63	10.00	15.34	11.55	6.58	6.80	7.48	5.36	5.95	6.21	1.62	3.12	2.71	5.76	4.55	10.82	4.74	12.00	5.84
PALEMBANG	2.10	8.51	11.20	8.75	6.76	6.00	5.52	9.49	12.86	14.72	16.71	9.29	9.33	21.47	12.33	13.10	13.18	14.71	15.63	9.48	10.97	8.34	24.29	9.72	7.07	13.36
TANJUNG PINANG	21.55	23.65	28.97	30.91	11.40	8.85	8.34	10.38	16.58	13.40	31.42	33.17	19.88	20.40	15.31	13.43	12.83	19.70	16.84	13.78	8.88	10.54	12.92	41.89	66.91	21.12
PADANG	7.23	9.53	5.81	7.43	6.48	3.02	12.86	13.18	7.75	0.00	11.06	10.17	7.88	9.49	1.15	5.11	2.82	11.09	5.59	12.88	2.93	12.56	21.96	-4.42	8.44	7.46
SERANG	17.08	42.97	41.16	39.90	50.99	49.02	34.66	46.38	40.04	42.05	56.72	65.96	43.88	46.16	26.98	96.96	96.31	60.80	51.19	36.13	33.65	40.11	34.00	64.71	28.14	44.53
BANDUNG	12.16	22.22	29.99	23.75	18.40	15.47	17.44	21.39	18.99	18.91	27.88	0.00	18.85	31.13	0.00	0.00	0.00	28.27	0.00	0.00	0.00	18.14	0.00	0.00	0.00	6.46
SEMARANG	12.33	8.81	13.62	14.94	13.33	12.44	13.26	14.60	14.66	14.30	21.26	18.25	14.32	19.78	13.31	21.22	25.76	14.41	14.52	14.32	19.63	15.70	12.75	21.69	0.00	16.09
SURABAYA	20.45	25.64	25.29	22.38	19.74	27.82	19.18	23.17	26.55	22.28	28.46	29.71	24.22	35.91	35.46	29.81	26.44	30.56	29.78	23.56	26.75	27.68	30.53	33.28	32.26	30.17
YOGYAKARTA	11.20	8.98	10.12	13.31	10.44	9.49	7.32	10.50	7.13	6.30	9.74	10.70	9.60	9.93	13.75	16.49	22.22	11.20	5.22	9.36	7.83	9.68	8.98	10.70	15.15	11.71
JAKARTA PUSAT	23.05	82.51	60.80	57.42	51.50	57.17	36.10	47.68	47.11	38.13	59.84	67.48	52.40	68.82	40.36	133.69	110.33	86.39	80.22	54.43	62.45	58.63	53.03	84.80	51.19	73.70
DENPASAR	5.83	8.47	8.75	6.62	9.84	10.50	8.85	4.33	6.53	8.37	5.67	5.19	7.41	7.83	2.16	7.13	6.08	7.74	9.77	6.88	4.27	5.73	5.16	0.67	-2.93	5.04
MATARAM	9.80	8.66	5.73	7.26	5.98	7.13	6.68	6.81	6.24	7.77	5.73	7.70	7.12	6.81	5.03	8.72	13.31	4.71	4.39	0.76	13.11	8.66	0.89	7.38	0.00	6.15
KUPANG	1.08	1.62	3.44	2.32	1.85	5.16	4.01	4.95	5.28	3.98	3.98	1.91	3.27	2.16	2.16	3.57	1.24	2.13	-0.54	4.81	4.90	2.48	3.44	2.10	1.75	2.52
PALANGKA RAYA	2.14	8.02	5.35	1.47	1.69	1.82	2.58	7.19	12.57	27.28	10.15	2.80	6.92	5.64	4.48	8.73	-0.88	6.71	4.83	3.23	3.81	6.95	18.13	6.16	0.12	5.66
SAMARINDA	14.77	8.13	4.33	8.95	6.54	3.88	9.40	9.61	11.78	15.89	13.60	6.39	9.41	4.89	2.99	10.99	8.51	4.50	8.85	14.35	10.84	18.21	15.13	9.66	0.00	9.05
BANJARMASIN	13.81	8.40	4.90	6.94	0.95	2.36	4.01	6.88	7.83	15.09	15.60	7.51	7.86	5.98	0.00	17.13	0.00	0.00	5.28	1.34	14.77	0.00	-2.23	21.20	3.76	5.60
MAKASSAR	5.38	7.03	4.52	4.20	1.91	3.85	3.50	5.06	6.88	7.13	9.64	12.10	5.93	2.45	-3.50	8.50	4.52	7.70	5.38	3.79	9.04	4.04	11.46	2.32	8.34	5.34
PALU	2.95	2.74	0.32	-0.28	2.04	1.80	-0.79	2.65	-0.34	5.31	3.99	4.56	2.08	3.03	4.01	-3.25	1.68	3.95	-2.02	5.73	-0.23	3.93	5.14	0.49	-1.74	1.73
KENDARI	2.31	2.18	5.01	3.99	1.09	-1.99	3.28	0.81	2.48	2.74	2.99	3.37	2.35	0.03	-2.64	0.29	2.83	-3.17	5.49	-2.15	-0.86	2.08	2.34	5.78	3.04	1.09
GORONTALO	1.91	5.22	0.68	1.85	1.21	-1.99	1.46	1.02	4.54	2.38	2.57	-1.34	1.66	0.40	2.48	2.02	2.70	0.81	5.33	-6.39	0.19	-4.90	7.36	-0.34	2.38	1.00
MANADO	0.48	1.50	3.57	-0.76	-0.16	0.57	0.35	-0.03	2.36	3.18	1.88	1.08	1.17	1.50	-0.03	0.80	0.73	4.87	-1.56	1.46	0.19	2.90	5.35	1.94	3.53	1.81
TERNATE	1.15	-0.45	0.25	-0.45	-0.25	1.21	0.38	0.51	1.40	1.97	0.70	0.13	0.55	2.99	-0.38	-1.02	2.29	0.25	0.45	2.86	0.19	-4.98	1.91	0.00	3.05	0.67
AMBON	1.42	0.83	1.55	2.97	0.74	-0.32	0.87	0.70	0.98	1.42	2.50	1.87	1.29	0.19	2.08	2.10	1.25	2.16	1.36	2.23	0.02	2.86	1.08	-0.40	-0.04	1.24
JAYAPURA	4.74	5.72	1.04	2.32	1.50	2.85	1.02	4.56	2.61	2.25	-2.42	2.24	2.37	-0.81	-0.14	2.78	1.50	-1.66	-1.54	-1.35	-1.22	1.54	0.09	0.67	1.38	0.10

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Lampiran 3 Rekap Data Suhu Bulanan 30 Kota Tahun 2007-2016 (°Celsius)



Lanjutan Lampiran 3.....



Lanjutan Lampiran 3.....

	2011												RERATA	2012												RERATA	2013												RERATA
	JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUN	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUN	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APRIL	MEI	JUN	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	
28.0	28.2	31.0	31.4	29.8	31.9	30.9	32.6	30.6	33.9	31.9	29.2	29.1	30.6	29.8	31.4	33.2	32.6	30.9	31.3	32.7	32.6	31.7	29.3	29.1	31.3	28.5	28.4	30.1	29.5	31.8	30.9	32.2	33.1	30.7	32.4	29.2	27.9	30.9	
29.4	30.1	35.1	31.7	32.8	33.2	30.6	31.7	30.9	30.0	33.0	32.9	31.5	24.8	25.0	32.6	32.1	30.3	33.8	30.4	32.8	33.2	34.0	34.2	33.7	31.2	28.6	29.0	33.0	31.0	33.6	32.7	32.1	32.7	34.3	34.1	30.7	30.0	31.8	
30.3	31.9	27.9	28.8	35.7	35.0	34.6	32.7	33.2	34.4	33.4	34.9	32.7	32.6	33.7	34.7	35.6	33.3	33.7	34.1	34.0	37.0	36.0	34.2	33.0	34.3	34.0	31.6	34.8	32.2	35.5	34.8	35.1	32.4	35.6	35.0	33.0	31.2	33.8	
29.0	29.4	31.2	30.0	30.2	29.2	29.1	31.6	33.7	29.7	32.5	30.2	30.6	31.6	31.3	29.4	31.9	29.1	31.0	30.2	29.7	32.3	32.6	31.0	31.0	30.9	30.5	28.1	31.1	29.8	31.2	30.8	29.8	31.0	28.9	33.1	32.8	29.2	30.8	
31.4	31.1	30.9	31.1	28.2	29.8	29.1	30.8	30.9	32.7	32.7	33.1	31.8	29.3	31.4	31.9	33.5	32.2	31.1	30.0	29.8	30.7	31.4	30.3	32.5	31.2	33.1	31.2	34.0	31.6	30.9	30.4	29.8	31.4	30.5	31.3	31.8	30.0	31.2	
22.3	31.2	29.2	30.5	29.3	29.0	28.0	30.0	32.6	33.7	33.4	29.6	29.9	27.2	29.3	31.5	31.6	30.9	29.6	29.3	30.2	33.2	32.3	29.6	30.8	28.7	30.4	33.8	27.6	30.3	28.7	28.2	29.5	31.2	31.6	31.9	28.9	29.8		
27.1	28.2	27.1	25.3	28.2	27.0	27.0	29.7	31.9	31.1	29.8	28.9	28.5	25.8	28.3	30.4	29.2	29.7	29.5	27.1	30.9	31.9	32.8	30.8	30.0	28.8	26.8	28.2	29.4	28.1	28.6	28.7	29.3	28.5	29.0	31.2	30.0	29.7	28.8	
30.7	31.9	30.7	31.1	31.2	30.2	29.4	31.2	35.5	0.0	32.1	30.3	28.7	29.4	29.8	32.8	31.9	31.0	31.0	30.1	33.2	33.3	35.6	32.5	30.2	31.2	34.0	29.0	31.6	30.2	32.0	31.0	29.2	29.3	30.7	35.8	32.0	27.3	31.9	
29.3	31.5	29.7	27.8	29.6	28.4	28.7	28.7	29.2	27.0	29.2	29.6	29.8	28.6	28.8	29.6	29.5	29.8	30.2	29.3	29.9	32.4	32.1	31.0	25.7	28.7	27.9	28.0	31.4	29.9	28.7	29.2	30.5	29.7	30.8	31.1	24.7	26.1	29.9	
28.8	27.6	23.6	28.1	28.9	28.1	27.8	28.3	28.7	27.8	29.7	28.9	27.8	27.9	28.4	28.2	29.4	29.4	28.1	27.8	28.8	28.8	31.6	30.2	29.1	28.0	31.0	31.3	30.7	29.4	30.1	28.4	29.0	29.0	30.5	30.7	29.0	29.7	29.9	
29.7	30.4	30.0	31.7	29.9	29.4	29.2	32.3	33.9	35.1	34.6	32.7	31.6	29.2	30.5	29.6	29.5	30.9	30.5	30.8	37.3	35.4	34.1	34.0	31.0	31.9	25.7	27.7	29.1	28.4	31.1	25.0	28.0	31.3	32.6	32.8	31.6	31.0	29.5	
34.3	32.7	37.2	32.4	29.5	30.7	30.3	32.9	34.8	36.1	34.0	33.0	33.1	33.4	32.2	33.4	32.0	30.8	31.1	31.1	33.8	30.7	35.3	33.5	32.3	32.9	31.2	32.7	32.8	31.1	31.8	31.1	28.8	32.9	33.9	34.2	38.4	32.3	32.4	
29.1	31.9	30.9	31.0	30.5	30.9	31.3	32.6	35.8	35.9	32.7	31.2	31.9	31.6	32.1	33.3	32.8	31.6	30.6	31.6	33.7	38.4	34.5	34.9	30.7	32.8	31.2	30.0	33.4	29.8	31.1	31.4	29.4	32.3	33.7	35.9	34.0	32.4	32.9	
35.9	29.4	35.1	32.8	32.8	31.8	32.3	34.3	38.1	37.7	36.8	37.0	33.8	29.6	32.9	34.6	32.5	32.5	32.7	33.1	35.6	38.8	38.4	39.8	35.9	34.6	34.8	36.3	34.5	31.2	32.9	31.9	32.8	38.0	37.2	38.5	40.0	33.9	34.9	
32.8	36.5	37.6	34.2	32.4	33.7	34.6	34.7	35.1	39.2	38.7	31.7	35.1	29.9	34.5	35.5	35.7	33.9	32.2	33.0	34.8	38.2	37.3	37.2	38.6	34.9	34.4	35.7	33.0	33.3	34.5	31.2	33.6	34.6	35.8	38.5	38.0	35.2	34.9	
41.0	41.1	40.5	38.3	36.4	35.3	33.9	36.0	39.0	39.8	38.3	39.5	39.2	38.1	43.6	39.7	39.0	37.8	37.3	36.8	37.6	39.5	37.4	40.1	39.8	38.7	38.9	39.6	39.9	39.8	39.7	36.9	36.9	38.6	38.6	40.3	40.9	41.0	39.3	
29.3	32.3	33.9	30.7	30.9	29.5	29.3	30.3	31.5	31.3	33.8	31.2	31.5	32.6	33.6	30.9	33.1	29.7	29.6	29.5	30.7	32.7	34.6	34.9	31.9	31.8	31.3	34.8	33.3	31.8	30.8	30.7	28.5	31.3	31.4	34.5	34.8	32.8	32.1	
31.0	30.8	32.1	28.1	30.8	29.1	29.5	31.9	31.7	31.3	31.8	31.8	30.7	32.1	33.9	30.4	30.9	28.6	29.2	28.9	31.6	33.3	33.3	31.7	31.1	31.0	30.4	29.8	31.8	30.8	29.6	28.3	28.1	30.3	32.0	30.7	31.3	30.8	30.5	
27.9	30.6	30.3	29.1	28.3	28.2	29.7	32.8	35.4	35.4	36.2	30.4	31.2	30.5	31.1	28.9	30.7	28.8	28.5	29.4	32.8	36.1	39.6	38.0	33.0	32.3	29.0	30.6	30.3	29.8	29.9	28.5	28.6	32.2	34.5	36.3	36.1	30.8	31.4	
28.2	30.6	30.9	27.7	29.6	28.3	29.0	31.0	27.7	29.4	30.1	31.0	29.4	27.1	29.4	27.8	29.2	28.9	29.4	28.6	30.1	31.6	31.8	27.9	28.2	28.1	27.4	26.4	28.6	28.1	29.3	28.4	28.6	28.9	30.2	32.1	30.7	30.0	29.1	
26.9	28.7	29.7	30.3	27.7	29.0	29.3	29.8	28.9	30.0	30.0	29.0	29.8	27.9	29.5	33.4	32.3	27.8	27.5	26.9	28.2	31.2	32.0	28.0	30.0	28.5	29.3	31.5	30.1	29.2	28.7	29.9	27.8	27.4	28.9	30.4	31.1	29.0	29.4	
30.1	32.9	31.0	29.8	31.7	30.4	31.0	31.6	33.3	36.4	32.9	28.1	31.8	29.7	30.9	31.8	31.4	30.8	29.3	30.4	30.0	33.7	34.9	33.3	28.9	30.9	33.1	32.0	31.4	30.1	31.5	30.3	30.8	31.0	32.7	36.1	32.6	27.0	31.6	
26.9	33.8	35.2	33.1	33.4	32.3	31.6	34.9	37.9	36.6	34.6	33.9	33.7	31.2	33.0	31.9	35.5	33.1	32.9	31.0	34.8	37.3	38.4	36.4	31.2	32.9	30.9	32.3	33.3	32.9	33.6	33.6	32.0	36.2	35.9	33.4	37.8	35.3	33.8	
29.1	26.5	28.7	29.5	31.3	28.9	28.7	31.7	31.1	30.0	30.0	30.5	29.4	28.7	29.6	31.1	32.1	29.9	28.9	27.5	30.2	30.4	31.7	31.0	29.9	28.0	30.0	29.9	32.0	27.8	29.0	28.8	29.5	28.3	30.4	31.5	30.6	29.1	29.8	
28.2	27.8	27.6	27.2	26.1	27.8	26.1	28.4	28.9	30.2	30.7	29.5	28.1	29.9	28.0	28.8	28.6	28.6	28.9	26.5	28.5	28.5	29.7	30.9	30.8	29.3	28.8	26.9	28.8	28.9	28.1	27.0	28.3	28.3	29.4	29.6	32.7	30.9	28.6	28.8
29.0	29.9	29.4	29.3	29.1	28.3	28.2	31.2	30.5	31.8	31.8	29.1	29.8	27.5	30.7	31.7	30.2	30.9	31.6	27.0	30.5	31.3	33.9	30.4	29.0	28.4	29.7	30.2	31.5	30.5	28.8	29.3	28.2	28.0	30.4	30.6	31.4	28.5	30.8	
27.7	31.8	29.5	30.5	29.9	31.4	30.5	32.2	32.4	32.1	29.8	31.8	30.8	29.6	29.2	31.1	27.8	30.6	29.6	29.0	31.1	31.4	32.7	30.1	29.2	28.0	28.8	29.4	31.0	29.5	29.4	30.7	29.6	29.8	32.5	31.4	30.7	28.8	30.1	
24.7	27.2	27.9	26.1	25.9	23.0	24.9	26.4	25.9	29.9	26.1	26.2	25.3	27.2	26.4	27.0	25.5	25.9	24.3	23.0	24.7	29.9	26.1	26.8	27.7	25.1	26.0	27.1	28.4	27.1	28.4	27.0	26.9	25.9	27.0	28.0	27.7	26.6	27.3	
27.3	28.7	26.5	28.1	23.5	21.7	21.8	22.7	25.8	26.9	29.4	28.9	25.8	29.3	27.6	27.1	27.1	26.0	24.1	21.0	23.4	25.2	26.8	28.6	27.9	28.2	26.3	26.3	27.1	26.7	25.1	26.3	22.5	26.3	26.7	27.6	27.1	27.9	26.7	
27.8	27.4	26.6	29.0	28.8	25.7	26.7	28.2	26.9	27.8	28.9	27.6	27.7	28.3	27.4	28.6	28.9	26.8	26.9	26.7	26.5	28.1	30.0	29.8	29.3	27.7	28.3	27.8	29.1	28.4	27.1	27.6	26.7	27.5	28.2	27.9	28.4	27.7	27.8	

Lanjutan Lampiran 3.....

	2014												RERATA	2015												RERATA	2016												RERATA	
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES		
	28.0	29.9	31.7	33.5	35.3	31.8	30.5	30.6	33.4	31.3	31.3	30.6	31.5	29.4	30.9	30.6	30.6	31.3	32.5	31.4	32.3	32.9	32.1	28.9	29.0	31.0	29.9	29.1	29.8	29.7	29.0	29.9	30.9	31.6	32.2	32.1	31.1	28.4	30.3	
	32.0	31.0	32.9	34.2	33.8	33.5	32.3	33.0	34.8	34.1	32.6	32.0	33.0	33.2	30.8	35.0	33.6	32.7	31.7	33.5	32.6	31.9	31.0	30.2	28.7	32.2	29.2	33.1	33.4	31.4	34.3	32.2	30.5	33.1	32.0	33.5	29.4	34.0	32.2	
	31.3	33.2	34.7	36.0	36.9	35.7	35.5	36.0	36.1	34.6	33.0	31.3	34.5	33.4	33.4	34.6	33.7	36.1	34.6	35.8	35.0	36.9	35.0	34.5	32.9	34.6	34.3	33.9	33.7	33.7	33.6	34.6	34.0	33.7	33.1	34.7	33.0	31.9	33.7	
	28.9	29.0	31.4	32.4	30.9	29.3	31.3	28.4	30.1	30.9	34.0	34.0	30.9	29.2	34.0	31.0	29.1	31.0	31.7	32.1	34.3	32.3	32.6	31.9	29.8	31.5	28.9	32.2	31.0	31.3	32.7	31.7	30.5	30.5	30.4	34.0	27.3	30.0	30.7	
	31.1	31.4	32.6	30.4	31.8	31.3	31.2	29.5	31.3	32.1	31.7	33.7	31.5	36.9	31.2	33.7	30.9	30.6	30.5	31.3	30.3	31.7	32.0	31.3	31.5	31.3	33.6	33.5	31.2	30.3	29.6	29.9	30.3	26.1	30.2	31.4	29.0	28.9	30.4	
	26.1	28.0	29.7	30.2	30.4	29.6	29.9	30.4	31.7	33.5	34.3	34.0	30.6	27.6	33.3	32.7	30.8	29.1	30.0	29.9	29.7	33.3	33.8	34.9	29.3	31.6	30.8	32.1	29.7	31.6	31.2	29.6	28.7	28.1	31.2	32.8	31.5	32.3	30.9	
	26.3	28.6	29.6	29.7	29.3	28.7	29.3	29.9	32.4	34.5	34.8	33.6	30.6	27.6	29.9	30.5	30.7	29.6	30.0	30.7	31.3	34.7	34.7	32.3	27.4	30.8	30.1	31.5	28.5	27.7	28.3	28.6	28.7	28.4	29.5	28.9	29.0	29.1	29.0	
	25.6	32.4	30.6	32.4	31.9	29.4	32.7	30.9	34.4	35.6	35.1	34.1	32.1	26.7	27.0	32.7	33.9	30.9	32.3	32.2	32.9	32.9	35.3	38.4	32.1	32.3	29.9	32.3	32.1	30.4	30.8	30.4	30.8	32.2	31.0	33.1	32.2	32.0	31.4	
	29.4	29.2	30.6	31.9	31.6	28.7	30.3	30.0	30.6	32.5	32.6	32.0	30.8	27.6	36.2	31.1	30.7	29.0	30.1	30.4	29.6	32.3	29.9	29.9	28.4	29.7	29.9	29.4	28.5	29.8	29.6	28.4	28.4	29.2	30.6	29.1	37.4	29.3	29.1	
	28.1	28.0	30.6	31.1	30.7	29.2	28.8	30.1	29.3	24.4	29.3	29.7	29.1	28.9	27.8	31.8	30.4	30.6	29.6	29.5	28.8	30.0	29.0	30.8	30.8	29.8	29.6	32.2	30.1	29.1	29.3	29.4	29.1	28.5	28.8	24.0	24.8	24.9	28.1	
	28.3	27.7	32.9	30.2	31.8	30.9	29.4	30.6	32.8	36.0	34.2	34.0	31.5	28.6	28.5	31.3	31.0	30.6	27.9	30.6	31.6	36.1	34.9	36.1	31.1	31.5	33.6	33.0	27.8	32.2	28.6	29.1	29.0	28.6	31.0	31.8	29.4	29.3	30.3	
	33.6	32.7	32.6	32.9	32.1	31.1	31.9	32.8	35.0	37.9	36.8	36.7	33.7	32.4	32.4	32.9	32.3	32.3	32.4	33.0	34.1	36.9	37.9	35.9	34.4	33.8	35.0	30.9	31.9	31.7	31.0	28.9	29.3	30.2	34.0	31.7	33.9	32.6	31.7	
	30.3	31.7	32.7	32.2	31.3	31.4	30.2	31.9	35.1	36.9	36.5	33.7	32.8	32.7	30.6	32.4	32.2	31.5	31.6	32.0	33.3	36.8	39.2	36.2	32.1	33.3	33.2	32.0	32.2	30.4	30.0	31.1	30.6	30.7	31.9	32.2	34.2	34.0	31.9	
	29.4	32.6	33.3	34.6	33.1	32.8	31.9	34.2	36.7	39.0	37.1	37.0	34.5	32.3	32.6	34.4	33.9	33.1	32.9	32.5	35.1	38.8	39.3	39.6	35.9	35.0	34.5	36.4	31.4	33.0	32.3	31.8	31.5	32.6	34.7	35.9	34.4	32.2	33.3	
	30.6	34.9	35.6	36.9	33.6	33.7	31.5	35.2	35.9	40.1	41.5	38.0	35.6	36.9	36.2	36.9	36.7	36.3	35.4	33.5	35.7	37.0	40.5	38.4	34.9	36.0	36.9	37.2	36.0	34.0	34.0	34.0	32.7	33.7	33.2	34.0	37.3	37.4	35.0	36.3
	37.9	39.0	41.6	38.4	38.8	39.3	39.8	36.8	39.7	39.5	40.9	40.0	39.9	36.2	34.1	37.6	40.2	36.4	36.6	36.7	37.0	38.4	40.9	39.2	40.0	37.9	40.4	31.6	35.2	35.1	32.6	33.9	35.0	36.7	34.5	37.6	37.3	35.0	36.2	
	29.8	30.9	34.6	32.1	32.9	30.6	29.1	31.3	32.5	37.5	37.1	34.1	32.7	33.3	33.4	32.6	34.9	31.7	29.9	30.9	31.3	33.9	36.9	36.1	34.9	33.2	35.7	32.6	35.3	33.4	33.3	31.4	30.2	30.4	32.1	33.8	32.8	34.5	33.0	
	31.4	30.6	32.2	31.5	31.9	29.0	28.9	31.6	34.1	35.9	34.2	33.1	32.0	32.6	31.1	32.1	31.1	31.4	30.1	27.9	31.7	33.8	36.4	34.1	33.3	32.1	32.0	30.2	31.6	31.0	31.2	29.0	29.2	31.0	31.6	31.2	31.7	31.1	30.9	
	29.9	29.0	30.6	29.4	30.2	29.0	28.3	33.3	37.2	37.6	38.1	31.3	31.9	29.8	29.4	30.2	30.1	30.9	29.9	30.5	34.0	37.0	37.8	37.2	33.9	32.5	32.0	30.9	29.6	31.9	30.2	29.4	31.0	33.7	35.1	36.2	34.7	31.2	32.0	
	28.7	30.0	30.2	29.4	30.3	28.5	28.4	29.7	32.1	31.8	32.7	29.4	30.1	28.8	24.9	28.7	29.1	28.4	29.4	29.7	30.9	31.0	30.3	31.9	31.8	29.5	29.6	26.7	26.4	28.9	28.0	29.0	29.4	30.6	29.0	30.5	30.0	28.4	29.0	
	31.0	28.9	29.2	31.1	29.7	28.9	29.3	29.0	31.8	31.0	30.2	29.2	29.9	27.2	36.3	31.7	28.0	27.7	29.1	28.9	30.1	31.9	32.3	32.7	30.8	30.0	32.3	32.0	31.6	31.4	31.6	27.8	28.7	29.4	29.1	29.2	29.4	28.4	30.1	
	30.0	30.8	32.5	33.2	31.9	29.7	32.2	31.6	33.6	35.6	35.3	34.0	32.5	32.4	28.8	32.7	32.8	29.0	27.9	30.8	32.7	36.0	36.2	37.4	36.8	32.4	32.9	30.6	31.2	31.4	30.2	30.1	30.1	32.2	31.3	34.6	31.4	31.0	31.4	
	31.8	30.9	32.0	33.2	32.8	31.4	32.9	34.4	38.4	39.9	37.6	36.0	34.3	28.1	31.8	33.6	34.7	33.9	30.9	33.0	34.4	38.8	39.6	37.6	36.9	34.3	33.4	35.2	34.3	33.9	33.9	33.9	32.3	35.2	37.4	36.2	33.8	33.1	34.3	
	23.9	28.3	30.8	30.9	31.9	34.0	29.6	24.3	32.0	29.1	31.5	32.0	30.3	23.8	30.3	30.6	31.6	29.6	30.2	29.7	30.9	32.4	34.3	37.6	31.9	31.1	30.6	32.4	37.1	32.5	30.2	29.7	28.1	30.0	30.2	30.9	28.3	30.0	30.8	
	26.8	29.2	29.6	27.6	27.1	25.1	26.9	25.9	29.9	32.4	33.5	29.4	28.7	29.4	28.6	29.3	29.5	26.6	27.7	27.8	27.5	31.0	33.4	34.9	31.6	29.8	30.1	29.6	29.1	28.0	28.3	28.6	27.7	29.7	29.9	30.2	29.6	31.7	29.4	
	28.6	31.0	32.1	31.4	29.4	29.2	28.1	30.3	32.5	33.6	32.2	31.3	30.8	29.3	29.4	30.1	31.9	31.9	28.4	28.3	31.2	32.6	25.1	34.9	32.0	31.2	30.2	30.6	32.3	34.2	28.1	29.7	28.3	30.0	30.7	31.4	31.6	32.1	30.8	
	25.3	27.9	29.6	28.9	31.1	30.2	31.7	29.0	33.5	34.5	31.6	29.6	30.2	28.1	27.7	28.6	30.3	31.6	30.6	31.6	34.0	36.9	37.0	31.0	29.1	31.4	28.8	30.6	24.9	28.0	29.3	30.9	30.4	32.4	31.7	32.4	30.9	31.0	30.1	
	23.1	26.6	28.2	28.7	28.3	25.4	26.6	25.1	25.6	29.1	27.7	27.2	26.4	24.4	28.9	28.4	28.3	26.0	26.6	27.1	27.4	28.3	30.7	28.3	27.5	27.6	27.9	28.3	26.9	26.8	27.0	26.8	25.1	28.9	28.4	24.8	25.0	26.4	26.7	
	27.7	26.0	28.2	28.2	29.9	25.4	22.8	22.3	26.1	27.7	27.2	28.2	26.1	29.1	28.4	28.9	25.9	26.1	23.1	23.1	24.8	28.7	27.6	27.9	29.0	26.7	28.4	30.8	27.3	26.8	27.1	25.3	24.0	24.2	28.2	28.6	27.6	27.5	26.9	
	28.6	27.2	28.9	28.6	27.4	26.6	27.9	28.2	28.0	29.6	29.8	29.9	28.2	26.8	29.9	28.2	28.3	27.1	27.9	28.9	38.1	29.1	29.0	28.9	29.0	28.4	27.0	28.7	25.4	27.3	27.6	27.3	30.9	29.1	28.3	29.3	30.3	29.4	27.9	

Sumber: Hasil Analisis (2017)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Tia Dwi Irawandani dilahirkan pada tanggal 03 Oktober 1993 di Pasuruan, Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Iwan Basori dan Ibu Ana Rudiawati. Penulis bertempat tinggal di Jalan Pabrik Gula Kedawung Kulon Gang 3 No.35 Kec. Grati Kab. Pasuruan. Penulis memulai pendidikan formal pada tahun 1998-1999 di RA Sunan Ampel, 1999-2005 di SDN Kedawung Kulon 3 Grati, Kab. Pasuruan, tahun 2005-2008 di SMP N 1 Gratitunon, Kab. Pasuruan, tahun 2008-2011 di SMA Negeri 1 Grati Kab. Pasuruan, dan pada tahun 2011-2015 penulis melanjutkan pendidikan Strata-1 melalui jalur test Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dengan beasiswa Bidik Misi dari DIKTI. Program Studi yang diambil adalah Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penulis menyelesaikan studi S1 dengan penulisan tugas akhir berjudul “Analisis Model Spasial Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Terhadap Emisi Gas CO₂ Kota Pasuruan”. Pada tahun ajaran 2015-2016 semester genap, penulis melanjutkan studi Program Pascasarjana Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Beasiswa Pendidikan Indonesia yang dinaungi oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan. Penulis menyelesaikan program pascasarjana pada tahun 2017 dengan judul tesis “Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu dan Gas Nitrogen Dioksida (NO₂) di Indonesia Berbasis Citra Satelit”. Alamat email kontak penulis tia.dw.irawandani@gmail.com.