

**PENGARUH KERAPATAN VEGETASI DAN SUHU PERMUKAAN PADA
ERA COVID-19 TERHADAP KUALITAS UDARA DI PROVINSI DKI
JAKARTA**

(Skripsi)

Oleh

MAHARANI MAULIDINA BUNNOV

2015071035



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEODESI DAN GEOMATIKA
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH KERAPATAN VEGETASI DAN SUHU PERMUKAAN PADA ERA COVID-19 TERHADAP KUALITAS UDARA DI PROVINSI DKI JAKARTA

Oleh

MAHARANI MAULIDINA BUNNOV

Pandemi covid-19 merupakan krisis kesehatan global yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2 yang dimulai pada akhir 2019 dan menyebar ke seluruh dunia pada 2020. COVID-19 menyebar melalui *droplet* pernapasan, kontak langsung, dan dalam beberapa kasus, melalui udara. Untuk mengurangi penyebaran, banyak negara menerapkan pembatasan sosial berskala besar, seperti *lockdown*. Pandemi membawa dampak yang besar terhadap lingkungan, terutama pada kualitas udara karena adanya perubahan pada aktivitas manusia. dampak besar terhadap kualitas udara, hal juga dirasakan di kota-kota besar, seperti Provinsi DKI Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap kualitas udara di DKI Jakarta pada tiga periode: *pre-lockdown*, *lockdown* dan *post-lockdown* dengan memanfaatkan *Platform Google Earth Engine*.

Metodologi dalam penelitian ini melibatkan studi literatur dan pengumpulan data seperti data citra *multi temporal* tahun 2019, 2020, dan 2023 untuk Satelit Sentinel-2A, Sentinel 5P-Tropomi, dan Modis Terra. Kemudian dilakukan pengolahan untuk kerapatan vegetasi dengan metode NDVI, suhu permukaan, dan kualitas udara. Data yang telah diolah dilakukan analisis pengaruh melalui uji regresi linier berganda.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang cukup signifikan dari kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap kualitas udara pada kondisi Covid-19. Pada konsentrasi polusi SO₂ berpengaruh sebesar 42,3 %, konsentrasi NO₂ memiliki pengaruh sebesar 39,9 % dan CO sebesar 46,1 %.

Kata Kunci: kualitas udara, *Google Earth Engine*, pengaruh kerapatan vegetasi dan suhu permukaan

ABSTRAK

THE INFLUENCE OF VEGETATION DENSITY AND SURFACE TEMPERATURE DURING COVID-19 ON AIR QUALITY IN THE PROVINCE OF DKI JAKARTA

By

MAHARANI MAULIDINA BUNNOV

The COVID-19 pandemic is a global health crisis caused by the SARS-CoV-2 virus, which emerged in late 2019 and spread worldwide by 2020. COVID-19 is transmitted through respiratory droplets, direct contact, and, in some cases, airborne transmission. To curb its spread, many countries implemented large-scale social restrictions, such as lockdowns. The pandemic has had a significant impact on the environment, particularly on air quality, due to changes in human activities. This impact on air quality has also been observed in major cities, including DKI Jakarta Province. This study aims to analyze the influence of vegetation density and surface temperature on air quality in DKI Jakarta during three periods: pre-lockdown, lockdown, and post-lockdown, using the Google Earth Engine platform. The methodology involves a literature review and data collection, including multi-temporal imagery from the years 2019, 2020, and 2023 obtained from Sentinel-2A, Sentinel-5P Tropomi, and MODIS Terra satellites. Data processing includes calculating vegetation density using the NDVI method, surface temperature, and air quality. The processed data are then analyzed for their effects using multiple linear regression tests. The research findings indicate a significant influence of vegetation density and surface temperature on air quality during the Covid-19 period. The SO₂ pollution concentration affects 42,3 %, NO₂ concentration has an impact of 39,9 %, and CO concentration influences 46,1 %.

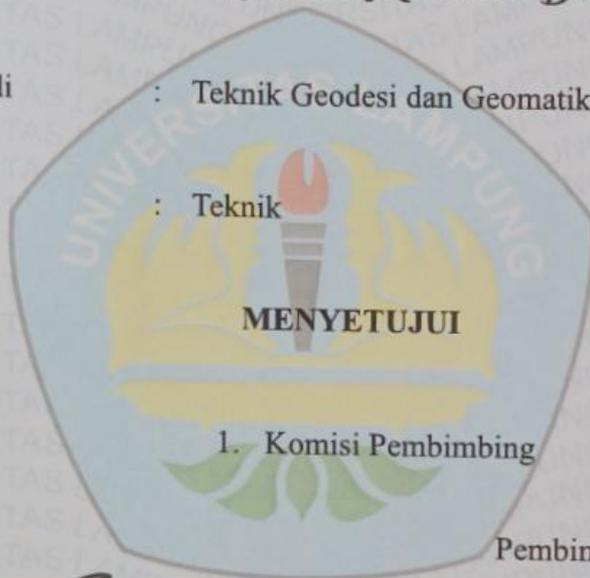
Key words: air quality, Google Earth Engine, influence of vegetation density and surface temperature

Judul Skripsi : PENGARUH KERAPATAN VEGETASI DAN SUHU PERMUKAAN PADA ERA COVID-19 TERHADAP KUALITAS UDARA DI PROVINSI DKI JAKARTA

Nama Mahasiswa : **Maharani Maulidina Bunnov**

Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D

NIP 196705141993031002

Pembimbing 2

Anggun Tridawati, S.T., M.T.

NIP 199501302022032016

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

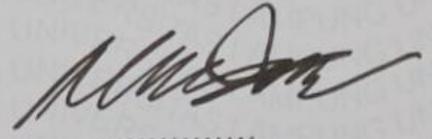
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.

NIP. 196410121992031002

MENGESAHKAN

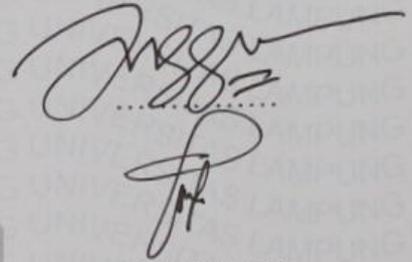
1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.



.....

Sekretaris : Anggun Tridawati, S.T., M.T.



.....

Anggota : Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.

.....

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 Januari 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maharani Maulidina Bunnov
NPM : 2015071035
Judul Skripsi : Pengaruh Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan pada Era Covid-19 Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi DKI Jakarta
Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang Saya tulis bukan terjemahan, saduran ataupun terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi. Dalam Skripsi ini terdapat tulisan ataupun pendapat yang diterbitkan atau dibuat oleh orang lain dan dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan tercantum sebagai acuan dalam naskah yang tercantum di dalam daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan jujur, jika dikemudian hari terdapat penyimpangan atau kebohongan, Saya bersedia menerima hukuman ataupun sanksi akademika sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 06 Februari 2025



Maharani Maulidina Bunnov

NPM. 2015071035

RIWAYAT HIDUP



Maharani Maulidina Bunnov lahir di Bandar Lampung, pada hari Kamis tanggal 30 Mei 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Bunawar Holil Roni dan Ibu Noviska Patrisia. Pendidikan yang pernah dilalui penulis diawali dengan Taman Kanak – Kanak (TK) Bina Balita, Kota Bandar Lampung pada tahun 2006. Menyelesaikan pendidikan dasar di SD Al-Azhar 1 Kota Bandar Lampung pada tahun 2009, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 29 Bandar Lampung pada tahun 2014-2017, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung tahun 2017-2020. Tahun 2020 penulis diterima menjadi mahasiswa di Universitas Lampung Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi).

Selama kuliah penulis aktif di berbagai Lembaga kemahasiswaan kampus diantaranya, anggota Kepemudaan BEM U KBM UNILA periode 2020/2021 dan menjadi anggota dari Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) periode 2019/2020. Penulis melakukan Kerja Praktek (KP) di Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Lampung pada tahun 2023. Pada tahun yang sama, penulis melakukan KKN Periode II di Kelurahan Kalirejo, Kecamatan Sridadi, Kabupaten Lampung Tengah.

PERSEMBAHAN

Kepada ayah dan ibundaku tercinta, terimakasih telah mengajarku untuk menjadi sosok yang tangguh dan mandiri dalam menjalani kehidupan ini. Terimakasih atas segala kerja keras dan keringat yang telah kalian berikan untuk semua kehidupanku yang layak.

Kepada adikku tersayang, terimakasih telah menjadi salah satu alasanku tetap berjuang sampai di titik ini. Terimakasih telah menjadi adik yang baik yang membawa tawa dan canda.

Kupersembahkan skripsi ini untuk kedua orangtuaku dan adikku tersayang.

MOTTO

“Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S Al-Baqarah [2]: ayat 216)

“Tidak ada kesuksesan yang dicapai dalam waktu semalam.”

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi yang berjudul “Pengaruh Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan Pada Era Covid-19 Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi DKI Jakarta” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi bagi mahasiswa Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung.

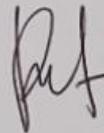
Dalam proses penulisan sampai dengan penyusunan Skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung.
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan nasihat selama proses perkuliahan berlangsung.
5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta ilmu yang berguna selama proses skripsi berlangsung.
6. Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bantuan dalam penyusunan skripsi.
7. Ibu Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membangun serta ilmu yang berguna.

8. Kedua orang tua dan adik saya yang telah memberikan dukungan materil dan moril.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam menyelesaikan Skripsi ini, sehingga Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan lebih lanjut. Demikian Skripsi ini disusun sebaik-baiknya agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 06 Februari 2025



Maharani Maulidina Bunnov

NPM 2015071035

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	i
DAFTAR TABEL	iii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerapatan Vegetasi	6
2.2 <i>Land Surface Temperature</i>	7
2.3 Kualitas Udara	8
2.4 Penginderaan Jauh	9
2.5 Satelit Sentinel	10
2.5.1 Sentinel-2A	10
2.4.2 Sentinel-5P	12
2.2.3 Modis Terra	13
2.6 <i>Google Earth Engine (GEE)</i>	14
2.7 Uji Akurasi	15
2.8 Analisis Regresi Linier Berganda	18
2.8.1 Uji Asumsi Klasik	18
2.8.2 Uji Hipotesis	20
2.9 Penelitian Terdahulu	21

III.	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1	Lokasi Penelitian.....	24
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.2.1	Alat	25
3.2.1	Bahan	26
3.3	Tahapan Penelitian	27
3.3.1	Tahap Persiapan	28
3.3.2	Tahap Pengolahan Data.....	29
3.3.3	Tahap Uji Regresi Berganda	38
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Analisis Kerapatan Vegetasi Di Provinsi DKI Jakarta	39
4.2	Analisis Distribusi Suhu Permukaan Di Provinsi DKI Jakarta	47
4.3	Analisis Kualitas Udara Di Provinsi DKI Jakarta.....	52
4.3.1	Analisis Distribusi <i>Karbon Monoksida</i> (CO).....	52
4.3.2	Analisis Distribusi <i>Nitrogen Dioksida</i> (NO ₂).....	58
4.3.3	Analisis Distribusi <i>Sulfur Dioksida</i> (SO ₂).....	64
4.4	Analisis Pengaruh Variabel Bebas dan Terikat	70
4.4.1	Perubahan Kerapatan Vegetasi	64
4.4.2	Perubahan Suhu Permukaan.....	72
4.4.3	Besaran Pengaruh.....	74
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
	DAFTAR PUSTAKA.....	81
	LAMPIRAN	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Satelit Sentinel-2A	11
2. Satelit Sentinel-5P	13
3. Satelit MODIS Terra	14
4. Lokasi Penelitian	25
5. Diagram Alir Penelitian	28
6. <i>Script</i> Menampilkan Citra Sentinel 2A-MSI.....	30
7. <i>Script</i> Menghitung NDVI.....	30
8. <i>Script</i> untuk Visualisasi NDVI	31
9. <i>Script</i> Menyimpan Hasil Olahan	31
10. <i>Script</i> Menampilkan Citra Modis Terra.....	32
11. <i>Script</i> Konversi Data Suhu Permukaan	33
12. Visualisasi Suhu Permukaan.....	33
13. <i>Export Data Raster</i>	34
14. <i>Script</i> Menampilkan Data CO Sentinel-5P	34
15. <i>Script</i> Menampilkan Data NO ₂ Sentinel-5P	35
16. <i>Script</i> Menampilkan Data SO ₂ Sentinel-5P.....	35
17. <i>Script</i> Menghitung Rata-Rata Harian Kualitas Udara	35
18. <i>Script</i> Konversi Satuan Kualitas Udara.....	36
19. <i>Script</i> Visualisasi Peta	37
20. <i>Script Export Raster</i>	37
21. Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2019	40
22. Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2020	41
23. Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2023	43
24. Peta Suhu Permukaan Tahun 2019	48

25. Peta Suhu Permukaan Tahun 2020	50
26. Peta Suhu Permukaan Tahun 2023	51
27. Peta Konsentrasi ISPU CO Tahun 2019	53
28. Peta Konsentrasi ISPU CO Tahun 2020	55
29. Peta Konsentrasi ISPU CO Tahun 2023	57
30. Peta Konsentrasi ISPU NO ₂ Tahun 2019	60
31. Peta Konsentrasi ISPU NO ₂ Tahun 2020.....	62
32. Peta Konsentrasi ISPU NO ₂ Tahun 2023	64
33. Peta Konsentrasi ISPU SO ₂ Tahun 2019	66
34. Peta Konsentrasi ISPU SO ₂ Tahun 2020	68
35. Peta Konsentrasi ISPU SO ₂ Tahun 2023	70

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Konversi Nilai ISPU	8
Tabel 2. Kategori ISPU.....	9
Tabel 3 Spesifikasi <i>Band</i> Sentinel-2A.....	11
Tabel 4. Matriks Uji Kesalahan	15
Tabel 5. Kategori Nilai Kappa.....	17
Tabel 6. Penelitian Terdahulu	21
Tabel 7. Alat Penelitian.....	25
Tabel 8. Bahan Penelitian	26
Tabel 9. Luas Kerapatan Vegetasi Tahun 2019.....	40
Tabel 10. Luas Kerapatan Vegetasi Tahun 2020.....	42
Tabel 11. Luas Kerapatan Vegetasi Tahun 2023	43
Tabel 12. Jumlah Sampel.....	44
Tabel 13. Matriks Uji Kesalahan Tahun 2019	45
Tabel 14. Matriks Uji Kesalahan Tahun 2020	45
Tabel 15. Matriks Uji Kesalahan Tahun 2023	46
Tabel 16. Persentase Suhu Permukaan Tahun 2019	48
Tabel 17. Persentase Suhu Permukaan Tahun 2020	50
Tabel 18. Persentase Suhu Permukaan Tahun 2023	52
Tabel 19. Persentase ISPU CO Tahun 2019	54
Tabel 20 Persentase ISPU CO Tahun 2020	56
Tabel 21. Persentase ISPU CO Tahun 2023	57
Tabel 22. Persentase ISPU NO ₂ Tahun 2019.....	59
Tabel 23. Persentase ISPU NO ₂ Tahun 2020.....	62
Tabel 24. Persentase ISPU NO ₂ Tahun 2023.....	63
Tabel 25. Persentase ISPU SO ₂ Tahun 2019	65
Tabel 26. Persentase ISPU SO ₂ Tahun 2020	67
Tabel 27. Persentase ISPU SO ₂ Tahun 2023	69
Tabel 28. Perubahan Kerapatan Vegetasi	70
Tabel 29. Perubahan Suhu Permukaan	73
Tabel 30. Perubahan ISPU <i>Karbon Monoksida</i>	75
Tabel 31. Regresi Linier Berganda CO	76
Tabel 32. Perubahan ISPU <i>Nitrogen Dioksida</i>	76
Tabel 33. Regresi Linier Berganda NO ₂	77
Tabel 34. Perubahan ISPU <i>Sulfur Dioksida</i>	78
Tabel 35. Regresi Linier Berganda SO ₂	78

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembatasan aktivitas berskala besar yang diberlakukan oleh Pemerintah DKI Jakarta berdampak signifikan pada berbagai aspek, termasuk pengendalian lingkungan yang membantu menurunkan tingkat polusi udara. Provinsi DKI Jakarta termasuk dalam 10 besar kota dengan tingkat polusi tertinggi di Indonesia (Anugerah dkk., 2021). Polusi udara dihitung dengan mempertimbangkan kandungan beberapa jenis polutan utama yang berkontribusi signifikan terhadap kualitas udara, yaitu Ozon (O₃), partikel (PM_{2.5} dan PM₁₀), *Karbon Monoksida* (CO), *Sulfur Dioksida* (SO₂), dan *Nitrogen Dioksida* (NO₂) (Zoran dkk., 2020). Masing-masing polutan memiliki dampak yang berbeda terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, sehingga pemantauan dan pengendaliannya menjadi sangat penting dalam upaya memperbaiki kualitas udara (Ahmadi dkk., 2020). Polusi udara ini sebagian besar disebabkan oleh pesatnya urbanisasi yang meningkatkan emisi dari kendaraan bermotor dan aktivitas industri (Salman dkk., 2021).

Kualitas udara yang baik sangat penting untuk menjaga kesehatan lingkungan dan makhluk hidup, sehingga pemantauan kualitas udara menjadi krusial. Teknologi penginderaan jauh menawarkan solusi efektif untuk memantau wilayah secara luas dan cepat. Septiyana dkk (2023) memanfaatkan citra satelit Landsat 8 dan 9 untuk memantau polutan udara seperti PM₁₀, SO₂, dan NO₂ selama pandemi Covid-19. Penelitian lain oleh Anggraini dkk. (2019) menggunakan data Sentinel-5P untuk mendeteksi

emisi NO_2 selama masa PSBB di Jawa Barat, sementara Suryoprayogo dkk. (2022) memanfaatkan citra Sentinel-5P untuk memonitor distribusi CO di Pulau Jawa.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Anggraini dkk (2019) menggunakan satelit resolusi menengah yaitu Sentinel-5P untuk mendeteksi emisi gas NO_2 selama masa PSBB di Jawa Barat. Penelitian serupa dengan memanfaatkan data dari citra satelit resolusi menengah juga dilakukan oleh Suryoprayogo dkk (2022) untuk *monitoring* distribusi persebaran CO di Pulau Jawa pada masa Covid-19. Berdasarkan dari fenomena yang terjadi, peninjauan kembali berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara dapat dianalisis lebih jauh seperti kerapatan vegetasi dan suhu permukaan.

Vegetasi berperan penting dalam mitigasi polusi udara melalui fotosintesis dan pengendapan polutan pada daun, yang dapat menyerap emisi CO_2 dan mengurangi konsentrasi polutan seperti NO_2 , PM_{10} , dan $\text{PM}_{2.5}$. Dzulfiklana dan Nugroho (2023) menggunakan Sentinel-5P melalui platform *Google Earth Engine* untuk mengidentifikasi polutan CO dan NO_2 , dengan hasil yang menunjukkan bahwa area dengan vegetasi rapat memiliki kualitas udara yang lebih baik. Selain itu, suhu permukaan juga mempengaruhi kualitas udara. Suhu tinggi dapat memicu reaksi kimia yang menghasilkan ozon troposferik yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Penelitian oleh Al-Alola dkk. (2022) menggunakan data MODIS Aqua untuk menganalisis hubungan suhu dengan polutan seperti NO_2 , SO_2 , dan CO, sementara Saputra dan Nugroho (2023) memanfaatkan citra Landsat 8 untuk analisis suhu permukaan.

Pandemi Covid-19 membuka peluang untuk meninjau dampak perubahan aktivitas manusia terhadap polusi udara. Penelitian lebih lanjut diperlukan di DKI Jakarta menggunakan Sentinel-5P untuk menganalisis konsentrasi polutan melalui *Google Earth Engine*, serta Sentinel-2A MSI untuk menganalisis kerapatan vegetasi dan MODIS Terra untuk suhu permukaan. Kajian ini dapat membantu memahami pengaruh aktivitas manusia selama

pre-lockdown, *lockdown*, dan *post-lockdown* terhadap polusi udara, serta kaitannya dengan vegetasi dan suhu permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi spasial konsentrasi polusi udara yang ada di Provinsi DKI Jakarta selama kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*?
2. Bagaimana distribusi spasial suhu permukaan yang ada di Provinsi DKI Jakarta selama kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*?
3. Bagaimana perubahan luas kerapatan vegetasi yang ada di Provinsi DKI Jakarta selama kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*?
4. Berapa besaran pengaruh kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap konsentrasi polusi udara?

1.3 Tujuan Penelitian

Melihat urgensi yang ada terkait dengan pentingnya kualitas udara bagi kesehatan manusia, adapun tujuan penelitian ini dilakukan antara sebagai berikut:

1. Menganalisis distribusi spasial konsentrasi polusi udara selama kondisi, kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*
2. Menganalisis distribusi spasial suhu permukaan yang ada di Provinsi DKI Jakarta selama kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*
3. Menganalisis perubahan luas dari kerapatan vegetasi yang ada di DKI Jakarta pada kondisi *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*

4. Menganalisis besaran pengaruh yang terjadi pada kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap kualitas konsentrasi polusi udara

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap perubahan distribusi CO, SO₂, dan NO₂, adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah

Penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk pemerintah terutama dalam bidang pembangunan. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan pertimbangan dalam menanggulangi dampak teknis dari perubahan suhu dan kerapatan vegetasi yang ada di Provinsi DKI Jakarta dengan arahan penataan kebijakan dan sistem pengelolaan.

2. Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi perhatian khusus untuk masyarakat terutama dalam menjaga kelestarian alam dengan memperhatikan kebutuhan akan kawasan bervegetasi, sehingga Pembangunan perubahan alih fungsi lahan dapat berjalan dengan seimbang bagi lingkungan.

3. Mahasiswa

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini berupa kepedulian terhadap lingkungan dan berkontribusi untuk tindakan pembangunan maupun pengabdian yang bermanfaat untuk masyarakat, pemerintah atau pihak lain.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki ruang lingkup diantaranya:

1. Penelitian dilakukan secara administratif di lima wilayah kotamadya yang ada di Provinsi DKI Jakarta, yaitu Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, Jakarta Barat, dan Jakarta Pusat
2. Objek yang diteliti pada penelitian ini merupakan perubahan kerapatan vegetasi dan suhu permukaan, serta distribusi CO, NO₂, dan SO₂ selama masa *pre-lockdown*, *lockdown*, dan *post-lockdown*
3. Data yang diperoleh merupakan hasil pengolahan dari pemanfaatan citra Sentinel-5P, Sentinel-2A, dan Modis Terra.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan dari penelitian terdahulu dan referensi yang digunakan, penulis menduga hasil yang didapat dengan menggunakan uji statistik regresi linier berganda yaitu perubahan kerapatan vegetasi dan suhu permukaan memiliki pengaruh terhadap distribusi CO, SO₂, dan NO₂. Jika suhu mengalami peningkatan kadar distribusi CO, SO₂, dan NO₂ juga akan semakin meningkat, sedangkan jika indeks vegetasi di suatu wilayah rapat maka akan semakin berkurang kadar dari distribusi CO, SO₂, dan NO₂

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerapatan Vegetasi

Area yang bervegetasi mampu menyerap sinar dari radiasi matahari karena radiasi yang sampai ke permukaan bumi akan dibiarkan untuk evaporasi, akibatnya di area bervegetasi memiliki suhu yang lebih konsisten jika dibandingkan dengan lahan yang jarang bervegetasi. Pepohonan yang ada di area vegetasi merupakan ekosistem yang dibutuhkan dalam sebuah perkotaan sebagai salah satu bentuk pengendalian perpindahan maupun peningkatan panas yang disebabkan dari radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi (Gao et al., 2022). Selain itu, pepohonan berguna dalam mengurangi kecepatan angin yang menyebabkan perpindahan suhu yang berbeda antara lapisan udara.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh mengalami perkembangan yang pesat terutama dalam *monitoring* nilai indeks vegetasi dengan resolusi spasial yang tinggi dengan memanfaatkan *band* yang ada pada citra untuk menentukan proses algoritma dalam perhitungan indeks vegetasi (Alfiansyah dkk., 2023). Indeks vegetasi sendiri memiliki pengertian sebagai suatu besaran dari nilai kehijauan suatu vegetasi yang didapatkan dari pengolahan nilai digital data terhadap beberapa kecerahan *band* yang ada pada sensor satelit. Indeks ini memiliki peran yang penting untuk menganalisis tingkat kerapatan suatu lahan bervegetasi, selain itu perubahan indeks kerapatan vegetasi pada suatu kawasan dapat dilakukan peninjauan ulang dengan informasi yang didapat dari dua atau lebih data citra satelit dengan perbedaan tahun perekaman.

Algoritma yang dapat digunakan dalam mencari nilai indeks vegetasi memiliki jenis yang beragam, adapun beberapa diantaranya yaitu *Ratio Vegetation Index*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), TVI (*Transformed Vegetation Index*), dan SAVI atau biasa disebut dengan *Solid Adjusted Vegetation Index* (Sukristiyanti dan Marganingrum, 2021). Jenis indeks vegetasi yang paling sering digunakan menurut A. Hardianto dkk., (2021) adalah algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), dengan metode ini tinggi dan rendahnya indeks kerapatan vegetasi dapat diketahui (Philiani dkk., 2020). NDVI mempunyai nilai indeks kerapatan berkisar antara -1 yaitu non vegetasi dan 1 yang merupakan objek bervegetasi. Adapun persamaan algoritma yang dapat digunakan dalam NDVI adalah sebagai berikut.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai *Band* Spektral *Near InfraRed*

RED = Nilai *Band* Spektral *red*

2.2 *Land Surface Temperature*

Pada umumnya temperatur suhu yang paling tinggi berada di pusat perkotaan dan akan menurun secara bertahap ke arah pinggiran kota sampai ke desa. Menurut Hardianto (2020) terjadinya perbedaan suhu pada daerah perkotaan dan pedesaan disebabkan oleh beberapa fisik permukaan bumi, yaitu:

1. Bahan penutup permukaan daerah perkotaan mayoritas terbentuk dari beton dan semen, hal ini membuat penyaluran panas dapat bertambah tiga kali lipat dari tanah yang basah.
2. Bentuk struktur bangunan yang ada di kota lebih beragam, sehingga energi matahari yang masuk ke permukaan bumi akan dipantulkan berulang kali dan akan menyerap panas lebih banyak. Selain itu juga,

bangunan perkotaan yang padat mengubah pola aliran udara yang berfungsi untuk merombak dan meningkatkan turbulensi.

3. Air hujan yang ada di perkotaan cenderung menjadi aliran karena adanya permukaan semen, parit, selokan, dan pipa drainase hal ini membuat penyerapan suhu yang dilakukan oleh air meningkat.
4. Kepadatan penduduk yang ada dikota membuat sumber kalor akan lebih tinggi akibat aktivitas yang dilakukan.

2.3 Kualitas Udara

Menurut Peraturan Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020, parameter kualitas udara meliputi partikulat ($PM_{2.5}$), partikulat (PM_{10}), *Karbon Monoksida* (CO), *Nitrogen Dioksida* (NO_2), *Sulfur Dioksida* (SO_2), *Ozon* (O_3), dan *Hidrokarbon* (HC). Adapun konversi nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Konversi Nilai ISPU

ISPU	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 -50	50	15,5	4000	120	52	80	45
51 – 100	150	55,4	8000	235	180	200	100
101 – 200	350	150,4	15000	400	400	1130	215
201-300	420	250,4	30000	800	800	2260	432
>300	500	500	45000	1000	1000	3000	648

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020)

Kualitas udara dapat mengalami penurunan akibat meningkatnya kegiatan manusia. Banyaknya aktivitas yang dilakukan oleh manusia membawa banyak dampak yang kurang baik bagi lingkungan karena adanya proses pembuangan limbah baik di udara, tanah, dan air. Kondisi udara yang menurun akan memicu polutan yang dapat mempengaruhi kualitas udara di

lingkungan sekitar (Winatama dkk., 2023). Kategori ISPU menurut KLHK No.14 Tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori ISPU

Rentang	Kategori	Penjelasan
0 -50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51 – 100	Sedang	Tingkat mutu udara yang masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan
101 – 200	Tidak sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan
201 – 300	Sangat tidak sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
>300	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat

2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu yang memanfaatkan hasil dari pantulan gelombang untuk mendapatkan informasi mengenai suatu objek di permukaan bumi, selain itu penginderaan jauh juga dapat dimanfaatkan dalam memberikan informasi objek yang di luar bumi seperti bulan dan planet lain. Seluruh sistem yang ada di penginderaan jauh membutuhkan energi, baik energi aktif (sistem penginderaan jauh radar) dan pasif (sistem penginderaan jauh optik).

Penginderaan jauh dengan sistem pasif menggunakan energi matahari yang dipancarkan dalam suatu objek dan dipantulkan kembali menuju sensor, sedangkan penginderaan jauh dengan sistem aktif akan menghasilkan energi sendiri yang berasal dari sensor pada satelit yang akan diarahkan pada suatu objek kemudian akan dipantulkan kembali ke sensor (Julian, 2021).

Besarnya tenaga yang akan dipantulkan dan diserap serta ditransmisikan akan berbeda pada tiap objek.

2.5 Satelit Sentinel

Pesatnya perkembangan teknologi yang ada dalam penginderaan jauh dapat dilihat dari kemudahan dalam mengakses citra satelit dalam berbagai resolusi, salah satunya yaitu citra resolusi menengah dari Satelit Sentinel yang dapat diakses dengan *open source*. Satelit yang dikembangkan oleh ESA (*European Space Agency*) ini meluncurkan produk pertamanya pada tahun 2014 yaitu Satelit Sentinel-1. Berbagai produk yang telah dikeluarkan ESA, yaitu Satelit Sentinel-1, Sentinel-2 dengan memanfaatkan sensor aktif dalam menjalankan tugasnya (Fultriantri dan Fajrin, 2023). Sentinel menghasilkan *output* berupa data *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

2.2.1 Sentinel-2A

Sentinel-2A merupakan salah satu jenis produk dari hasil kolaborasi ESA, European Commission, perusahaan industri, perusahaan providers dan pengguna data (Sinaga dkk., 2018). Satelit ini pertama kali diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015 oleh Roket Vega dari Kourou, Guyana Perancis (Oktaviani dan Kusuma, 2017). Sentinel-2A dilengkapi dengan fasilitas *Multispectral Instruments* (MSI) yang mampu memperoleh informasi sebanyak 13 *band* dengan resolusi yang berbeda-beda seperti pada Tabel 3. Adapun resolusi dari ke-13 *band* diantaranya 10 m, 20 m, dan 60 m (Zhang dkk., 2017), *band* tersebut dibagi menjadi spektrum *Visible dan Near-Infra-Red* (VNIR), *near infrared*, dan *Short Wave Infra-Red* (SWIR). Secara spesifik Satelit Sentinel-2A dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Satelit Sentinel-2A.

(Sumber: Carrol, 2008)

Tabel 3 Spesifikasi *Band* Sentinel-2A

Nomor <i>Band</i>	Panjang Gelombang (nm)	Lebar <i>Band</i> (nm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
1	443	20	60	Koreksi atmosferik (hamburan aerosol)
2	493	65	10	Perkembangan vegetasi, karotenoid, keadaan tanah, koreksi atmosferik (hamburan aerosol)
3	560	35	10	Puncak sinar hijau, sensitif terhadap total klorofil pada vegetasi
4	665	30	10	Absorpsi maksimum klorofil
5	704	14	20	Konsolidasi atmosferik/dasar fluoresensi, posisi tepi <i>band</i> merah

Tabel 3. Spesifikasi *Band* Sentinel-2A (Lanjutan)

Nomor <i>Band</i>	Panjang Gelombang (nm)	Lebar <i>Band</i> (nm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan
6	740	14	20	Deteksi batas warna merah, koreksi atmosferik; beban aerosol
7	783	19	20	Indeks area daun, tepi puncak NIR
8	833	105	10	Indeks area daun
8a	865	21	20	Puncak NIR yang sensitif dengan total klorofil, biomassa, indeks tepi daun dan protein, referensi penyerapan uap air, penerimaan beban dan tipe aerosol
9	945	19	60	Koreksi atmosferik untuk mengetahui absorpsi uap air
10	1373	29	60	Koreksi atmosferik untuk mengetahui awan yang tipis
11	1614	90	20	Sensitif terhadap lignin, pati, dan hutan di atas biomassa tanah; pemisah salju/es/awan
12	2202	174	20	Penilaian kondisi vegetasi, pembedaan tanah liat untuk pemantauan erosi tanah; perbedaan antara biomassa hidup, mati, dan tanah

2.2.2 Sentinel-5P

Produk lain yang dihasilkan dari ESA adalah Satelit Sentinel-5P yang mempunyai misi utama untuk melakukan pengukuran atmosfer

dengan resolusi spatio-temporal tinggi untuk kualitas udara, radiasi ozon dan UV, serta pemantauan dan prakiraan iklim. Dalam menjalankan misinya Sentinel-5P membawa instrumen berupa *TROPospheric Monitoring Instrument* (Tropomi) yang berhasil diluncurkan pada 13 oktober 2017 dari Plesetsk, Cosmodrome Rusia. Satelit Sentinel-5P dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Satelit Sentinel-5P.

(Sumber: European Space Agency, 2018)

Satelit ini dilengkapi dengan *Tropospheric Monitoring Instrument* (Tropomi) dan *band ultraviolet and visible* (270–495 nm), *near infrared* (675–775 nm) and *shortwave infrared* (2305–2385 nm) dengan resolusi spasial sebesar 7 km x 3.5 km

2.2.3 Modis Terra

Satelit ini pertama kali diluncurkan oleh NASA pada tahun 1999 di *Vandenberg Air Force Base* California 18 Desember. Satelit Modis Terra mempunyai sapuan lintasan sebesar 2.330 km dan memiliki jumlah *band* sebanyak 36. Selain itu Modis Terra memiliki orbit ketinggian di 705 km dan melintas mulai 10:30. Satelit ini mempunyai resolusi spasial yang beragam, yaitu 250 m (*band 1-2*),

500 m (*band* 3-7), dan 1000 m (*band* 8-36) (Meutia dkk., 2022).
Satelit ini dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Satelit MODIS Terra.

(Sumber: Rizkia, 2018)

Sentinel ini memiliki orbit ketinggian 815 km pada yang mengorbit pukul 10.00 pagi dan berulang selama 27 hari. Dimensi cakupan satelit ini selebar 1.420 km, dengan cakupan global setiap 4 hari. Sentinel 3 SLSTR mempunyai resolusi spasial 500 meter untuk *band* tampak dan inframerah gelombang pendek serta 1 km untuk *band* inframerah termal.

2.6 Google Earth Engine (GEE)

Pemanfaatan teknologi dalam pemilihan, penyimpanan, dan proses pengolahan data citra satelit telah berkembang cukup pesat terutama dalam *Big Data* dan *Cloud Computing*, salah satu contoh perkembangan dari teknologi ini yaitu *Platform Google Earth Engine (GEE)*. Dengan menggunakan GEE, pengolahan data akan lebih ringkas dan efisien karena GEE berbasis *cloud computing* yang mampu memproses berbagai macam data citra tanpa harus melakukan pengunduhan citra sebelumnya dan tidak

memerlukan perangkat yang memiliki spesifikasi tinggi untuk mengolah data citra. GEE juga menyediakan beragam jenis waktu data citra yang memberikan kemudahan untuk melakukan analisis data *time series* dengan jangkauan area yang luas. GEE dapat digunakan dalam menganalisis climate change, pemantauan lingkungan, analisis dan pengolahan beragam data citra satelit yang berguna untuk pemantauan, penelitian, dan mitigasi (Suryoprayogo dkk., 2022).

2.7 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan metode matriks kesalahan (*Confusion matrix*) dengan adanya perhitungan akurasi menggunakan tiga pertimbangan yaitu sisi penghasil peta (*producer's accuracy*), sisi pengguna peta (*user's accuracy*), dan *overall accuracy* (Sampurno dan Thoriq, 2016). Berikut gambaran dari *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Uji Kesalahan

Klasifikasi Data	Klasifikasi Data Pengguna			Total	Komisi (%)	Ketelitian Produser (%)
	X	Y	Z			
X	X ₁	A	B	C		
Y	D	y ₁				
Z	E		Z ₁			
Total	F					
Omisi						
Ketelitian Pengguna					Ketelitian Keseluruhan (%)	

(Sumber: Peraturan BIG, 2014)

Keterangan:

X, Y, Z = Objek hasil interpretasi citra

x, y, z = Objek di lapangan

$X_1y_1z_1$ = Jumlah sampel klasifikasi diagonal yang benar

Berdasarkan dari matriks uji kesalahan diatas, didapatkan rumus sebagai berikut:

1. Ketelitian Keseluruhan (*Overall Accuracy*)

$$K_s = \frac{J_i}{J_t} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

K_s = Ketelitian keseluruhan

J_i = Jumlah sampel diagonal yang terklasifikasi dengan benar

J_t = Total sampel yang diuji

2. Ketelitian Pengguna (*User's Accuracy*)

$$K_i = \frac{J_i}{T_b} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

K_i = Ketelitian pengguna

J_i = Jumlah sampel diagonal yang terklasifikasi dengan benar

T_b = Jumlah sampel data lapangan dengan kelas yang sama

3. Ketelitian Produser (*Producer's Accuracy*)

$$K_i = \frac{J_i}{T_v} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

K_i = Ketelitian Pengguna

J_i = jumlah sampel klasifikasi diagonal yang benar

T_y = jumlah sampel hasil klasifikasi dengan kelas yang sama

4. Kesalahan Komisi (Pengguna)

$$K_x = \frac{(a+b)}{c} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

K_x = Kesalahan Komisi (pengguna)

$a + b$ = jumlah sampel klasifikasi x pada data kelas pengguna yang salah (kelas yang terletak pada baris x tetapi tidak terdapat pada diagonal)

c = jumlah total baris sampel produser

5. Kesalahan Omisi (Produser)

$$O_x = \frac{(a+e)}{f} \times 100 \% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

O_x = Kesalahan omisi (produser)

$d + e$ = jumlah sampel klasifikasi x pada data lapangan yang salah (kelas yang terletak pada kolom x tetapi tidak terdapat pada diagonal)

f = jumlah total baris sampel pengguna

Selanjutnya untuk melihat nilai *error* dari matriks uji kesalahan (*confusion matrix*) dapat dilakukan sebuah Uji Kappa Akurasi untuk menentukan tingkat keakuratannya (Mega dkk., 2023). Adapun rumus dari Uji kappa yaitu menurut (Siska dkk., 2022) yaitu:

$$Kappa\ Koefisien\ (T) = \frac{(Total\ sampel\ x\ total\ sampel\ benar) - \sum(Total\ baris\ x\ Total\ kolom)}{(Total\ sampel - \sum(Total\ baris\ x\ Total\ kolom))} \dots\dots\dots (7)$$

Pada Uji Akurasi Kappa Koefisien nilai yang semakin mendekati nol berarti matriks uji kesalahan memiliki nilai akurasi yang tidak sesuai. Adapun kategori dari Uji Akurasi Kappa Koefisien dapat dilihat pada Tabel 5 (Rwanga & Ndambuki, 2020).

Tabel 5. Kategori Nilai Kappa

No	Nilai Kappa	Kesesuaian
1	< 0,00	Tidak memenuhi kesesuaian
2	0,01 – 0,020	Kurang sesuai
3	0,021 – 0,40	Hampir sesuai
4	0,41 – 0,60	Cukup sesuai
5	0,61 – 0,80	Sesuai
6	0,81 – 1,00	Memenuhi Kesesuaian

2.8 Analisis Regresi Linier Berganda

Merupakan jenis analisis yang mempunyai lebih dari satu variabel bebas (X_1, X_2, X_3, \dots) yang menghubungkan satu variabel terikat (Y) untuk mengetahui kemungkinan atau anggapan dapat mempengaruhi perubahan pada variabel terikat yang diamati (Mona dkk., 2015). Model untuk regresi linier berganda adalah:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots \quad (8)$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat

A = Konstanta Regresi

b_1b_2 = Koefisien regresi

X_1X_2 = Variabel bebas

2.8.1 Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik pada analisis regresi berguna untuk membuktikan validitas data dari model yang didapatkan dari proses regresi. Terdapat beberapa asumsi yang harus terpenuhi agar persamaan regresi yang dihasilkan valid, yaitu sebagai berikut (Prasmono dan Ahdika, 2023) :

1. Uji Normalitas

Regresi linier mengasumsikan atau mensyaratkan bahwa nilai residual terdistribusi secara normal. Normal atau tidaknya distribusi dari nilai residual umumnya dapat dilihat dengan menggambar nilai dari standard residual ke dalam Kurva Bell. Gambar dari kurva residual yang baik memperlihatkan nilai residual yang terdistribusi merata pada kurva normal. Sedangkan nilai residual yang tidak berdistribusi normal adalah jika pada kurva normal ditemukan distribusi nilai dengan *skewness* (kecondongan) berada pada ekstrim kanan maupun ekstrim kiri.

Beberapa bisa disebabkan oleh model yang non-linear, terdapat outlier yang masuk ke dalam model atau tingginya angka heteroskedastisitas. Jika ditemukan bahwa nilai residual tidak terdistribusi secara normal maka diasumsikan bahwa model yang dihasilkan dapat mengganggu pengujian lainnya. Dalam uji normalitas ini memakai metode *Kolmogorov-Smirnov Test* menggunakan *software* pengolah data statistik. Untuk memenuhi uji asumsi data adalah $D < D\text{-tabel}$ dan $P\text{-value} > 0.05$.

2. Tidak Terjadi Multikolinearitas

Multikolinearitas adalah kejadian dimana dua atau lebih variabel bebas dalam model regresi memiliki korelasi yang tinggi. Jika hal ini terjadi maka model dikatakan tidak valid. Model regresi yang ideal adalah ketika variabel bebas berkorelasi tinggi dengan variabel terikat, namun antar variabel bebas tidak ada korelasi.

Dalam uji multikolinieritas memakai metode *Pair-Wise Corellation* yang dilakukan dengan program *software* pengolah data statistik yang menghasilkan tabel *coefficient correlations*. Jika nilai VIF (*Variance Intolerance Fakor*) > 10.0 dan *tolerance* $> 0,100$ maka tidak terjadi gejala multikolinieritas.

3. Uji Auto Korelasi

Definisi dari autokorelasi pada model regresi adalah dimana nilai-nilai variabel bebas memiliki nilai yang sama pada variabel terikatnya. Autokorelasi dari regresi juga dapat dilihat dari nilai standar residual yang dihasilkan pada regresi. Apabila nilai standar residual tidak jauh berbeda antar unit observasi maka terjadi autokorelasi. Suatu data dikatakan tidak mengalami gejala Auto-Korelasi apabila nilai *Durbin Watson* terletak diantara dua sampai $4d_u$ ($d_u < d_2 < 4d_u$) sehingga tidak terdapat autokorelasi.

4. Heteroskedastisitas

Uji asumsi ini merupakan asumsi regresi dimana varian dari residual tidak sama untuk satu pengamatan yang lain. Dalam uji heteroskedastisitas ini menggunakan metode *Weighted Least*

Square yang dilakukan dengan program software SPSS di mana menghasilkan tabel *coefficients*. Jika jika signifikansi > 0.05 dan nilai T_{hitung} kurang dari t_{tabel} maka varian residual bersifat homoskedastisitas.

2.8.2 Uji Hipotesis

Uji ini mencakup Uji F (Uji Simultan), Uji T (Uji Parsial), dan *R-Square* (Koefisien Determinasi). Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Uji F (Uji Simultan)

Pengujian terhadap variabel bebas secara bersama yang ditujukan untuk mendapati pengaruh semua variabel bebas kepada variabel terikat. Dalam menganalisis studi kasus ini Uji F menggunakan tabel summary dengan program software pengolah data statistik, untuk menyelesaikannya dengan memperhatikan nilai P-value. Jika nilai P-value lebih dari ($>$) 0.05 dan nilai F_{hitung} kurang dari ($<$) F_{tabel} maka gagal tolak H_0 sehingga tidak ada pengaruh variabel bebas secara simultan pada variabel terikat. Untuk menentukan uji hipotesis dapat menggunakan perbandingan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} .

2. Uji T (Uji Parsial)

Uji T dipakai untuk menguji parameter estimasi model regresi secara parsial, ialah untuk mendapati pengaruh variabel independen (X) secara signifikan pada variabel dependen (Y) dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi dan konstanta yang dipakai untuk model regresi linier berganda sudah merupakan parameter yang tepat atau belum. Dalam menganalisis studi kasus ini Uji T untuk menyelesaikannya dengan memperhatikan nilai atau dalam output. Jika nilai P-value atau $Pr(>|t|)$ kurang dari ($<$) t_{tabel} maka tolak H_0 yang maksudnya variabel bebas ke-i mempunyai pengaruh secara signifikan pada variabel terikat.

Untuk menentukan uji hipotesis dapat menggunakan perbandingan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} .

3. *R-Square* (Koefisien Determinasi)

Uji ini untuk menilai sejauh mana kesanggupan model dalam menjelaskan variasi variabel terikat. Nilai R^2 yang kecil berarti kesanggupan variabel-variabel bebas dalam menerangkan variasi terikat sangat terbatas. Koefisien determinasi atau R^2 diperlihatkan oleh nilai *Adjusted R-squared* karena nilai tersebut digunakan saat variabel bebas lebih dari satu, selanjutnya nilai R^2 tersebut dikalikan 100%.

2.9 Penelitian Terdahulu

Studi pustaka dari penelitian sejenis dapat memberikan gambaran pada peneliti tentang objek studi dan metode analisis yang dapat digunakan dari peneliti sebelumnya dengan tema yang sama. Studi pustaka dari penelitian sejenis dapat memberikan gambaran pada peneliti tentang objek studi dan metode analisis yang dapat digunakan dari peneliti sebelumnya dengan tema yang sama. Berikut merupakan hasil penelititan terdahulu yang digunakan menjadi bahan pertimbangan dalam penelitian ini:

Tabel 6. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Metodologi	Hasil
Seham S. Al-	<i>Air Quality Estimation</i>	Analisis Citra	Hasil dari uji
Alola, Ibtesam I.	<i>Using Remote Sensing</i>	Sentinel-5P, Modis	<i>Pearson</i>
Alkadi, Haya M.	<i>and GIS-Spatial</i>	dan Landsat 8 untuk	<i>Correlation</i>
Alogayell, Soha	<i>Technologies along</i>	melihat hubungan	menunjukkan
A. Mohamed,	<i>Al-Shamal Train</i>	suhu permukaan dan	bahwa NO_2
Ismail Y (2022)	<i>Pathway, Al-Qurayyat</i>	kecepatan angin	memiliki korelasi
	<i>City in Saudi Arabia</i>	menggunakan	negatif yang kuat
		<i>Pearson Correlation</i>	terhadap suhu
		terhadap distribusi	permukaan
		CO, NO_2 , dan SO_2	sedangkan SO_2
			memiliki korelasi
			negatif yang lemah

Tabel 6. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Peneliti	Judul	Metodologi	Hasil
			dan CO mempunyai korelasi positif yang lemah terhadap suhu permukaan
M. Rafi Dzulfiklana dan Hary Nugroho (2023)	Pengaruh Indeks Vegetasi dan Suhu Permukaan Tanah Terhadap NO ₂ Menggunakan <i>Google Earth Engine</i> (Studi Kasus: Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat)	Analisis citra Sentinel-5P dan Landsat 8 untuk melihat hubungan menggunakan <i>Pearson Correlation</i> dan menganalisis pengaruh dengan regresi linier sederhana antara kerapatan vegetasi dan suhu permukaan terhadap NO ₂ menggunakan <i>platform GEE</i>	Dari uji statistika yang telah dilakukan NO ₂ memiliki korelasi yang positif terhadap suhu permukaan dan kerapatan vegetasi serta memiliki pengaruh yang signifikan
Diah Septiyana, Abdi Sukmono, Muhammad Adnan Yusuf (2023).	Pemantauan Kualitas Udara ISPU (PM10, SO ₂ , NO ₂) Menggunakan Citra Landsat 8 dan 9 Untuk Kecamatan Mijen Selama Pandemi COVID-19	Analisis interpretasi perubahan suhu permukaan dan kualitas udara menggunakan distribusi sebelum PKM, saat PKM dan setelah PKM NO ₂ , PM10, dan SO ₂ . Serta menganalisis <i>auto-korelasi</i> dengan <i>Moran</i> dan Rasio <i>Geary</i>	Pola sebaran SO ₂ memiliki pola sebaran yang mengelompok pada kawasan industri dan pemukiman dengan pola tertinggi berada pada TPA dan pola sebaran NO ₂ memiliki pola sebaran acak dengan kategori tertinggi berada pada kawasan

Tabel 6. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

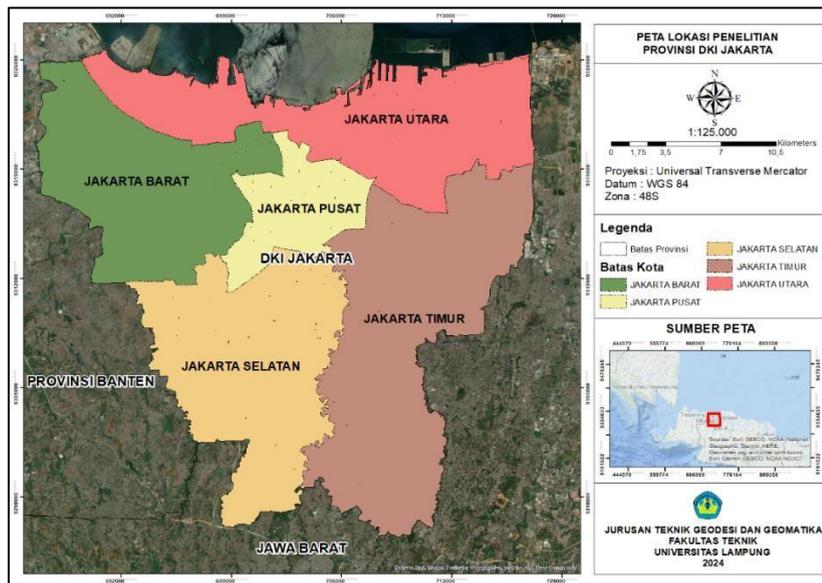
Peneliti	Judul	Metodologi	Hasil
			industri dan pemukiman.
Hertanto Suryoprayogo, Ade Rahmat Iskandar, Demi Adidrana (2022).	Spatio-Temporal Analisis Polutan <i>Karbon Monoksida</i> (CO) Jakarta Selama Pandemi Menggunakan Sentinel-5P TROPOMI	Analisis citra Sentinel-5p untuk perubahan distribusi CO pada sebelum dan saat diberlakukan pembatasan Covid- 19 menggunakan GEE	Hasil pengukuran menunjukkan adanya pola <i>spatio</i> <i>temporal</i> penurunan CO pada saat sebelum dan pandemi berlangsung yang cukup signifikan hingga 30 %
Tania Septi Anggrainia, Febzi Artaningha, Elstri Sihotang, Anjar Dimara Saktia, Agustan (2020).	Variasi Emisi Gas <i>Nitrogen Dioksida</i> saat Pembatasan Sosial Berskala Besar di Provinsi Jawa Barat dari Pengolahan Data Satelit Sentinel-5P	Citra Sentinel-5P diolah dan dianalisis dengan interpolasi kriging untuk melihat variasi perubahan emisi gas NO ₂ pada beberapa kota di Jawa Barat yang dijadikan sampel.	Terlihat bahwa emisi gas NO ₂ rata- rata menurun selama pemberlakuan PSBB. Tetapi, pada tanggal 18 Mei 2020 terjadi peningkatan emisi yang signifikan lebih tinggi sekitar enam kali di tiga kota/kabupaten, yaitu Kota Bandung, Kab. Bandung dan Kab. Bogor.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, lokasi penelitian yang menjadi wilayah studi adalah Provinsi DKI Jakarta. Wilayah ini terdiri dari lima Kotamadya dengan karakteristik dan fungsi yang berbeda-beda, yaitu:

1. Jakarta Pusat: Memiliki luas daratan sebesar 47,90 km². Wilayah ini berfungsi sebagai pusat pemerintahan kota Jakarta, di mana berbagai kantor administrasi utama, gedung-gedung pemerintahan, dan pusat-pusat pelayanan masyarakat berada.
2. Jakarta Utara: Memiliki luas daratan mencapai 154,01 km². Wilayah ini dikenal sebagai kota industri, dengan banyak kawasan industri yang menjadi pusat aktivitas produksi dan distribusi barang.
3. Jakarta Barat: Dengan luas daratan seluas 126,15 km², wilayah ini merupakan pusat perdagangan yang padat serta kawasan pemukiman yang beragam, mencerminkan aktivitas ekonomi yang dinamis.
4. Jakarta Selatan: Memiliki luas daratan sebesar 145,73 km². Wilayah ini menjadi pusat bisnis dan dikenal sebagai kawasan pemukiman elit. Selain itu, Jakarta Selatan juga berperan penting dalam menjaga konservasi kawasan hijau di wilayah DKI Jakarta.
5. Jakarta Timur: Dengan luas daratan mencapai 187,73 km², wilayah ini dikenal sebagai kota industri kedua setelah Jakarta Utara, yang mendukung berbagai kegiatan manufaktur dan industri lainnya.



Gambar 4. Lokasi Penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan selama proses penelitian antara lain:

Tabel 7. Alat Penelitian

No	Alat	Jenis	Fungsi
1.	Google Earth Engine (GEE)	Platform	Analisis distribusi CO, NO ₂ , dan SO ₂
2.	Google Earth	Software	Ground Check
3.	Perangkat lunak pengolahan data spasial	Software	Analisis distribusi kerapatan vegetasi dan suhu permukaan
4.	Perangkat lunak uji data statistik	Software	Melihat pengaruh antara suhu permukaan dan kerapatan vegetasi dengan kualitas udara
5.	Microsoft Word	Software	Penulisan laporan

Tabel 7. Alat Penelitian (Lanjutan)

No	Alat	Jenis	Fungsi
6.	<i>Microsoft Excel</i>	<i>Software</i>	Analisis perubahan luas kerapatan vegetasi dan penurunan atau kenaikan suhu permukaan
7.	Laptop Acer TravelMate P214-52, RAM 8 GB, <i>Processor Intel Core i7-10510U</i>	<i>Hardware</i>	Media untuk melakukan tahapan dalam penelitian

3.2.1 Bahan

Beberapa bahan yang digunakan selama proses penelitian, yaitu:

Tabel 8. Bahan Penelitian

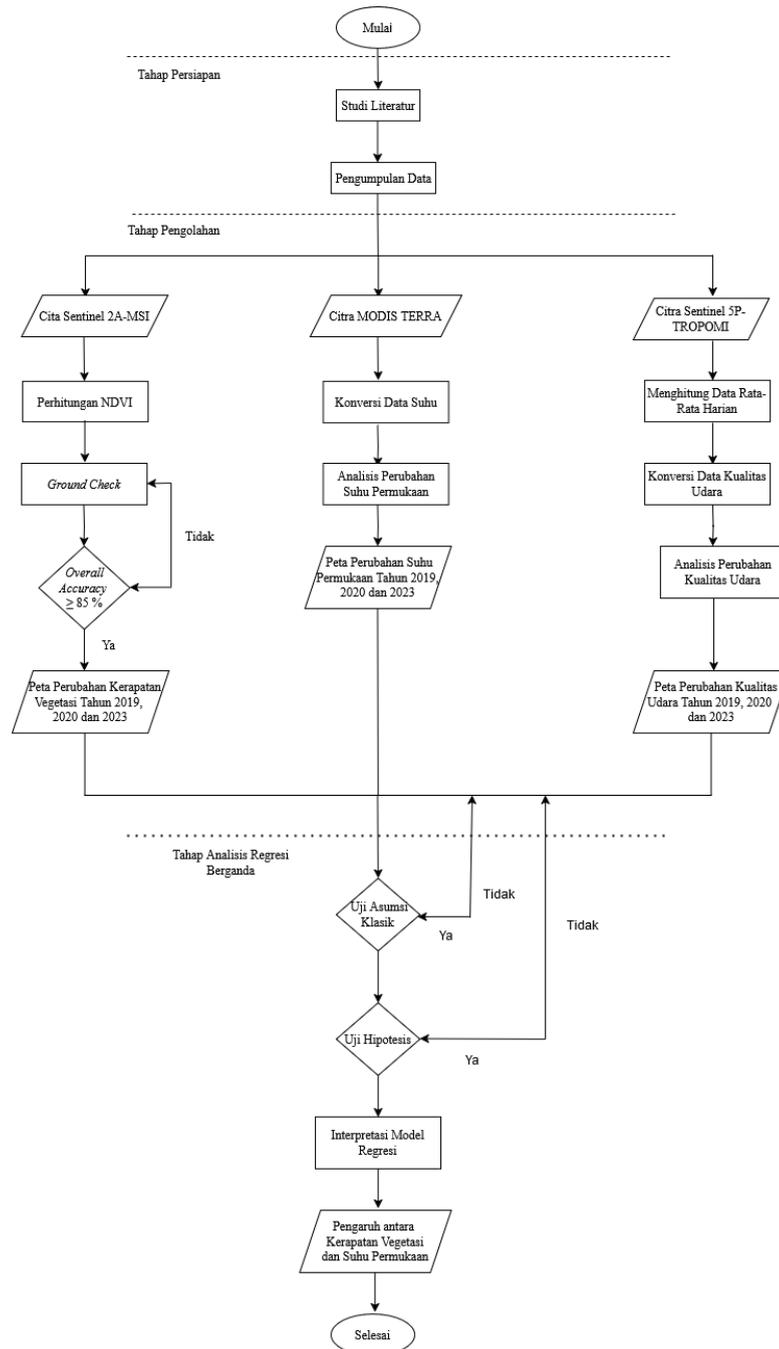
No.	Bahan	Jenis Data	Kegunaan	Sumber
1.	Citra Sentinel-2A Tahun 2019, 2020, dan 2023	<i>Raster</i>	Menganalisis perubahan kerapatan vegetasi dan berfungsi sebagai data variabel terikat (X1)	https://dataspace.cope.micrus.eu/
2.	Modis Terra Tahun 2019, 2020, dan 2023	<i>Raster</i>	Menganalisis perubahan suhu dan berfungsi sebagai variabel bebas (X2)	https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A2.061

Tabel 8. Bahan Penelitian (Lanjutan)

No.	Bahan	Jenis Data	Kegunaan	Sumber
3.	Citra Sentinel-5P TROPOMI CO Tahun 2019, 2020, dan 2023	<i>Raster</i>	Analisis distribusi CO, dan berfungsi sebagai data variabel bebas (Y1)	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5_P_NRTI_L3_CO
4.	Citra Sentinel-5P TROPOMI NO ₂ Tahun 2019, 2020, dan 2023	<i>Raster</i>	Analisis distribusi NO ₂ , dan berfungsi sebagai data variabel bebas (Y2)	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5_P_NRTI_L3_NO2
5.	Citra Sentinel-5P TROPOMI SO ₂ Tahun 2019, 2020, dan 2023	<i>Raster</i>	Analisis distribusi SO ₂ , dan berfungsi sebagai data variabel bebas (Y3)	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5_P_OFFL_L3_SO2

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam tahapan penelitian serangkaian langkah yang akan dilakukan untuk mencapai hasil penelitian yang dimulai dari tahap persiapan sampai tahap analisis regresi berganda. Berikut merupakan alur dari proses penelitian seperti pada gambar dibawah.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap ini digunakan untuk mempersiapkan segala sesuatu yang dibutuhkan dalam penelitian agar tercapainya keberhasilan dalam

sebuah penelitian. Adapun beberapa tahapan dalam proses persiapan antara lain:

1. Studi Literatur

untuk menambah pemahaman terkait objek yang diteliti serta menambah referensi atau materi yang dibutuhkan terkait dengan konsep yang berhubungan dengan kualitas udara, klasifikasi indeks kerapatan vegetasi serta suhu permukaan

2. Pengumpulan Data

Adapun data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data spasial citra Satelit Sentinel-5P TROPOMI yang diperoleh dari *data catalog tools*, data spasial citra Sentinel 2A-MSI dan Modis Terra *Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1 km* pada *platform Google Earth Engine* yang diakuisisi pada bulan Agustus 2019, Mei 2020, dan Agustus 2023.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan pengolahan data dilakukan di sebuah *platform* seperti *Google Earth Engine (GEE)* dan beberapa *software* pengolah data spasial. Adapun tahapan yang dilakukan selama proses pengolahan data yaitu:

- A. Pengolahan Kerapatan Vegetasi

Beberapa tahapan yang harus dilalui dalam menganalisis nilai kerapatan vegetasi melalui *GEE* antara lain:

1. *Pre-processing*

Pada tahap ini terdiri dari pemunculan *dataset* yang kemudian dilakukan pemilihan rentang waktu melalui *filter date* dan pembatasan area penelitian dengan *filter bounds*. Setelah dilakukan pemilihan waktu dan pembatasan area penelitian, kemudian dilakukan

penyaringan terhadap gangguan awan. Adapun tampilan *script* GEE pada Gambar 6.

```
// Menentukan rentang waktu analisis
var startDate = '2019-08-01';
var endDate = '2019-08-31';

// Memuat koleksi citra Sentinel-2
var s2Collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filterBounds(table)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
  .map(function(image) {
    return image.clip(table);
  });
```

Gambar 6. *Script* Menampilkan Citra Sentinel 2A-MSI.

2. Perhitungan NDVI

Dalam melakukan perhitungan NDVI pada citra Satelit Sentinel 2A-MSI menggunakan GEE melibatkan band 8 dan band 4 dengan perintah *Normalize Difference*. Adapun *script* yang digunakan dalam menampilkan nilai NDVI seperti pada gambar dibawah

```
// Fungsi untuk menghitung NDVI
function calculateNDVI(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
}

// Menerapkan fungsi NDVI pada koleksi citra
var ndviCollection = s2Collection.map(calculateNDVI);

// Mengambil citra median NDVI selama rentang waktu
var ndviImage = ndviCollection.select('NDVI').median();
```

Gambar 7. *Script* Menghitung NDVI.

3. Visualisasi Peta

Pada tahap visualisasi peta dilakukan nilai *max* dan *min*, Dimana *max* bernilai 1 untuk daerah bervegetasi dan *min* bernilai -1 untuk daerah non vegetasi. *Script* yang dapat digunakan dalam proses visualisasi peta NDVI adalah seperti pada gambar 8 dibawah.

```
// Parameter untuk visualisasi NDVI
var ndviParams = {
  min: -1,
  max: 1,
  palette: ['blue', 'white', 'green']
};
```

Gambar 8. *Script* untuk Visualisasi NDVI.

4. *Export* Peta

Setelah perhitungan dan visualisasi nilai NDVI dilakukan, langkah terakhir yang dilakukan pada *platform* GEE adalah menyimpan hasil pengolahan menggunakan perintah seperti pada gambar 9 dibawah.

```
// Menyimpan hasil NDVI sebagai image ke Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: ndviImage,
  description: 'NDVI_Image_Before',
  scale: 10,
  region: table.geometry(),
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e13
});
```

Gambar 9. *Script* Menyimpan Hasil Olahan.

5. Analisis Kerapatan Vegetasi

Dalam tahapan ini dilakukan proses *reclassify* dan *raster to polygon* pada *software* pengolah data spasial untuk mendapatkan rentang kelas dan luasan dari setiap kelas. Dimana kelas kerapatan vegetasi dibagi kedalam tiga kelas kerapatan berdasarkan dari peraturan BIG No.3 Tahun 2014 yaitu non vegetasi, vegetasi jarang, dan vegetasi sedang.

6. Penentuan Jumlah Sampel Uji Akurasi

Penentuan jumlah sampel dalam proses uji akurasi pada klasifikasi kerapatan vegetasi mengacu pada Peraturan BIG No 3 Tahun 2014 menggunakan rumus:

$$A = TSM + \frac{\text{Luas (Ha)}}{1500} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

A = Jumlah sampel minimal

TSM = Total sampel minimal

Dalam penentuan Total Sampel Minimal (TSM) secara umum mengikuti besaran skala peta. Adapun ketentuannya sebagai berikut:

- a. Skala 1:25.000 dengan TSM 50 titik
- b. Skala 1:50.00 dengan TSM 30 titik
- c. Skala 1:250.000 dengan TSM 20 titik

7. *Ground Check*

Tahapan yang dilakukan pada proses *ground check* adalah untuk membandingkan validitas dari data yang telah diolah dengan data yang ada dengan *software Google Earth Pro*.

B. Pengolahan Suhu Permukaan (LST)

Proses pengolahan suhu permukaan yang dilakukan melalui *platform GEE* melibatkan serangkaian tahapan seperti:

1. *Ground Check*

Tahapan yang dilakukan pada proses *ground check* adalah untuk membandingkan validitas dari data yang telah diolah dengan data yang ada dengan *software Google Earth Pro*.

2. *Pre-Processing*

Tahapan ini dimulai dari memilih dataset Modis Terra pada katalog yang ada di GEE kemudian menentukan rentang waktu dari melalui *filter date* dan membatasi wilayah penelitian dengan *filter bounds*. *Script* yang dapat digunakan dalam tahapan ini seperti pada Gambar 10.

```
// Menentukan rentang waktu analisis
var startDate = '2019-08-01';
var endDate = '2019-08-31';

// Memuat koleksi citra Terra MODIS Land Surface Temperature (LST)
var modisLST = ee.ImageCollection('MODIS/061/MOD11A1')
  .filterDate(startDate, endDate)
  .filterBounds(table)
  .map(function(image) {
    return image.clip(table);
  });
```

Gambar 10. *Script* Menampilkan Citra Modis Terra.

3. Konversi Suhu

Proses konversi suhu pada citra Modis Terra dapat dilakukan dengan cara melakukan perkalian piksel dengan 0,02 yang kemudian dapat dikurangkan dengan 273,15 untuk mendapatkan satuan celcius. Adapun *script* yang digunakan untuk konversi data suhu adalah sebagai berikut:

```
// Mengonversi LST dari Kelvin ke Celsius
var scaleLST = function(image) {
  var lstCelsius = image.select('LST_Day_1km')
    .multiply(0.02)
    .subtract(273.15)
    .rename('LST_Celsius');
  return image.addBands(lstCelsius);
};

// Menerapkan konversi suhu pada koleksi LST
var lstCollection = modisLST.map(scaleLST);

// Mengambil citra rata-rata LST selama rentang waktu
var meanLST = lstCollection.select('LST_Celsius').mean();
```

Gambar 11. *Script* Konversi Data Suhu Permukaan.

4. Visualisasi Peta

Dalam tahapan ini suhu permukaan diberikan rentang 20-50°C yang dapat dilihat pada *script* dibawah

```
// Parameter untuk visualisasi LST
var lstParams = {
  min: 20,
  max: 50,
  palette: ['blue', 'green', 'yellow', 'orange', 'red']
};
```

Gambar 12. Visualisasi Suhu Permukaan.

5. *Export Raster*

Setelah proses konversi suhu dilakukan, tahapan terakhir dari pemrosesan melalui GEE adalah *exporting* data *raster* untuk menyimpan hasil pengolahan. *Script* yang dapat difungsikan untuk menyimpan hasil pengolahan seperti pada Gambar 13.

```

// Menyimpan hasil LST sebagai image ke Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: meanLST,
  description: 'LST Sebelum Covid-19',
  scale: 1000,
  region: table.geometry(),
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e13
});

```

Gambar 13. *Export Data Raster.*

6. Analisis Suhu Permukaan

Dalam tahapan analisis ini melibatkan proses *reclassify* dengan membagi tingkatan suhu kedalam lima kelas dan menentukan luasan dari setiap kelas dengan *raster to polygon*.

C. Pengolahan Kualitas Udara

Data yang digunakan dalam kualitas udara melibatkan tiga konsentrasi, yaitu *Karbon Monoksida* (CO), *Nitrogen Dioksida* (NO₂), dan *Sulfur Dioksida* (SO₂). Adapun tahapan yang dilakukan pada proses pengolahan kualitas udara antara lain:

1. *Pre-Processing*

Pada tahap *pre-processing* dilakukan pemilihan rentang waktu melalui *filter.date* dan pembatasan wilayah kajian dengan *filter.bounds*. *Script* yang dapat digunakan untuk menampilkan kualitas udara seperti pada gambar dibawah.

```

//Koleksi Dataset
var CO = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_CO')

//Filter batas data spasial
.filterBounds(jakarta)

//Filter tanggal
.filterDate(startDate, endDate)

//Pilih bands CO pada Sentinel 5
.select('CO_column_number_density');

```

Gambar 14. *Script Menampilkan Data CO Sentinel-5P.*

```
//Koleksi Dataset
var NO2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/SSP/NRTI/L3_NO2')

//Filter batas data spasial
.filterBounds(jakarta)

//Filter tanggal
.filterDate(startDate, endDate)

//Pilih bands NO2 pada Sentinel 5
.select('NO2_column_number_density');
```

Gambar 15. *Script* Menampilkan Data NO₂ Sentinel-5P.

```
//Koleksi Dataset
var SO2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/SSP/NRTI/L3_SO2')

//Filter batas data spasial
.filterBounds(jakarta)

//Filter tanggal
.filterDate(startDate, endDate)

//Pilih bands SO2 pada Sentinel 5
.select('SO2_column_number_density');
```

Gambar 16. *Script* Menampilkan Data SO₂ Sentinel-5P.

2. Menghitung Rata-Rata Kualitas Udara

Dalam perhitungan rata-rata kualitas udara menggunakan data harian selama satu bulan dengan *script* seperti pada gambar dibawah

```
//Hitung periode yang akan diproses
var nDay = endDate.difference(startDate, 'day').round();

//Membuat koleksi dataset nilai rata-rata harian
var byDay = ee.ImageCollection(

  //petakan tiap hari
  ee.List.sequence(0, nDay.subtract(1)).map(function (n) {

    //hitung nilai offset dari startDate
    var start = startDate.advance(n, 'day');

    //rentang waktu yang diproses
    var end = start.advance(31, 'day');

    //filter tanggal dan kalikan dengan faktor konversi
    return CO.filterDate(start, end)
      .select(0).mean()
      .multiply(conversionFactor)
      .set('system:time_start', start);
  }));
```

Gambar 17. *Script* Menghitung Rata-Rata Harian Kualitas Udara.

3. Konversi Satuan Kualitas Udara

Untuk mengubah satuan mol/m^2 menjadi satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada data kualitas udara menurut Savenets (2021) perlu diketahui beberapa informasi seperti:

Massa molar zat

- Karbon Monoksida* (CO) = 28,01
- Nitrogen Dioksida* (NO₂) = 46,0055
- Sulfur Dioksida* (SO₂) = 64,065

Cakupan ketinggian yang dibutuhkan (*volume column lower troposphere*) untuk mendapatkan informasi kualitas udara = 100 m

$$1 \text{ Gram} = 10^6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Sehingga didapatkan rumus seperti dibawah:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \left(\frac{\text{mol}/\text{m}^2}{h} \right) \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (10)$$

Script yang dapat digunakan untuk konversi satuan pada kualitas udara dapat dilihat pada gambar dibawah.

```
//Massa Molar SO2 (g/mol)
var molarMassSO2 = 64.065;

//Volume column (0-10000m = Lower Troposphere)
var volCol = 100;

//Ubah satuan mol/m^2 ke µg/m³
var conversionFactor = molarMassSO2 * 1e6 / volCol;
var SO2_MeanMicrograms = SO2_Mean.multiply(conversionFactor);
..
..
```

Gambar 18. *Script* Konversi Satuan Kualitas Udara.

4. Visualisasi Peta

Dalam visualisasi peta nilai *min* dan *max* menyesuaikan dengan setiap nilai yang dihasilkan pada parameter kualitas udara. *Script* yang digunakan untuk menampilkan visualisasi peta adalah sebagai berikut:

```

//Parameter Visual
var visParam = {
  min: 160.908,
  max: 208.958, // Sesuaikan nilai maksimum dan minimum
  palette: ['black', 'blue', 'purple', 'cyan', 'green', 'yellow', 'red']
};

//Tampilkan Nilai SO2 pada Peta
Map.addLayer(SO2_MeanMicrograms, visParam, 'SO2 Concentration (µg/m³)');

```

Gambar 19. *Script Visualisasi Peta.*

5. *Export Raster*

Tahapan ini merupakan proses terakhir yang akan dilakukan dalam *Google Earth Engine* dengan menyimpan hasil *raster* ke dalam *Google Drive*. *Script* yang dapat digunakan untuk menyimpan hasil pengolahan tertera seperti pada gambar 20 dibawah.

```

//Ekspor Data
Export.image.toDrive({
  image: SO2_MeanMicrograms,
  description: 'Export_SO2_Sebelum_Covid',
  scale: 1113.2,
  folder: 'GEE',
  region: jakarta,
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});

```

Gambar 20. *Script Export Raster.*

6. Analisis Kualitas Udara

Dalam tahapan analisis ini melibatkan proses *reclassify* dengan membagi tingkatan setiap parameter kualitas udara kedalam lima kelas dan menentukan luasan dari setiap kelas dengan *raster to polygon*.

7. Menghitung Nilai ISPU

Perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) didasarkan pada nilai batas atas dan batas bawah ISPU, nilai ambien batas atas dan bawah, serta konsentrasi ambien yang diperoleh dari hasil pengolahan. Persamaan matematis untuk menghitung ISPU adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b = konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_x = Konsentrasi ambien hasil pengolahan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

D. Penentuan Sampel Model Regresi

Sebelum dilakukan uji regresi berganda penentuan jumlah sampel spasial perlu dilakukan untuk mendapatkan distribusi nilai yang dapat mewakili dalam suatu wilayah. Penentuan jumlah sampel yang akan digunakan dalam model regresi adalah dengan menggunakan sistem *grid*.

3.3.3 Tahap Uji Regresi Berganda

Uji ini dilakukan menggunakan *software* pengolah data statistika. Terdapat beberapa jenis tahapan uji yang harus dilakukan untuk menyatakan kelayakan model suatu regresi berganda. Adapun beberapa uji regresi yang harus dilakukan antara lain:

1. Uji Asumsi Klasik

Pada uji asumsi klasik terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi seperti uji normalitas, multikolinieritas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi.

2. Uji Hipotesis

Kesimpulan dalam penelitian seperti Uji-t (parsial) untuk melihat suatu pengaruh variabel bebas terhadap variabel ikat, Uji-f (simultan) untuk melihat pengaruh serentak dan yang terakhir adalah Koefisien Determinasi (R^2) untuk melihat persentase pengaruh dari variabel bebas

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian “Pengaruh Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan pada Kondisi *Pre-Lockdown*, *Lockdown*, dan *Post-Lockdown* Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi Dki Jakarta” maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Nilai ISPU yang didapatkan dari rata-rata harian konsentrasi udara di DKI Jakarta berada pada kategori rentang baik dan tidak sehat, dengan nilai ISPU terendah berada pada kondisi *lockdown*. Pada konsentrasi polusi udara CO nilai ISPU tertinggi berada pada kondisi *post-lockdown* yaitu sebesar 159,11 yang berkategori tidak sehat di Kota Jakarta Utara. Sedangkan konsentrasi polusi udara NO₂ memiliki nilai ISPU tertinggi berada di Kota Jakarta Timur pada kondisi *post-lockdown* yaitu sebesar 150,11 dengan kategori tidak sehat, dan konsentrasi polusi udara SO₂ dengan nilai ISPU tertinggi sebesar 160,21 pada kondisi *pre-lockdown* dengan kategori sedang di wilayah Jakarta Utara.
2. Suhu permukaan yang ada di Provinsi DKI Jakarta mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Suhu tertinggi di wilayah DKI Jakarta terjadi pada kondisi *post-lockdown* yaitu sebesar 40,99°C di Kota Jakarta Utara dan terjadi penurunan suhu terendah pada kondisi *lockdown* menyentuh angka 29,97°C yang berada di Kota Jakarta Selatan.

3. Kerapatan vegetasi yang ada di Provinsi DKI Jakarta diklasifikasikan kedalam tiga kelas, yaitu non vegetasi, vegetasi jarang, dan vegetasi sedang. Dari hasil pengolahan yang telah dilakukan pada citra Sentinel 2A-MSI, kelas klasifikasi yang memiliki luasan terbesar pada setiap tahunnya adalah kelas non vegetasi yaitu mewakili lebih dari 50 % tutupan lahan yang ada di wilayah DKI Jakarta. Perubahan kelas kerapatan vegetasi terlihat mengalami penurunan pada kelas non vegetasi pada tahun 2020 dan mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada tahun 2023. Sedangkan kelas vegetasi sedang terlihat mengalami penambahan luasan pada tahun 2020 dan mengalami penurunan pada tahun 2023.
4. Kerapatan vegetasi dan suhu permukaan memiliki pengaruh tertinggi terhadap konsentrasi kualitas udara pada masa *lockdown*. Pada konsentrasi polusi SO₂ berpengaruh sebesar 47,9 %, konsentrasi NO₂ memiliki pengaruh sebesar 39,9 % dan CO Sebesar 46,1 %

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penambahan parameter dari variabel bebas maupun terikat dalam menganalisis adanya pengaruh terhadap kualitas udara.
2. Melakukan perataan konsentrasi bulanan pada parameter kualitas udara.
3. Melakukan resampling pada data citra untuk menyamakan resolusi spasial

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, M., Sharifi, A., Dorosti, S., Jafarzadeh Ghouschi, S., & Ghanbari, N. (2020). Investigation of effective climatology parameters on covid-19 outbreak in iran. *Science of The Total Environment*, 729, 138705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138705>
- Alfiansyah, M., Nuarsa, I. W., & Brasika, I. B. M. (2023). Perbandingan beberapa metode klasifikasi menggunakan citra landsat dan sentinel untuk pemetaan sebaran mangrove di kawasan ekowisata mangrove pik jakarta utara. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 9(1), 82. <https://doi.org/10.24843/jmas.2023.v09.i01.p09>
- Anggraini, T. S., Artaningh, F., Sihotang, E., & Dimara Sakti, A. (2019). Variasi emisi gas nitrogen dioksida saat pembatasan sosial berskala besar di provinsi jawa barat dari pengolahan data satelit sentinel-5p. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia Agustus*, 02(02). <http://jurnal.mapin.or.id/index.php/jpji/issue/archive>
- Carrol, P. (2008). *Sentinel-2*. European Space Agency. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-2>
- Dang, C., Shao, Z., Huang, X., Zhuang, Q., Cheng, G., & Qian, J. (2024). Global vegetation productivity increased in response to covid-19 restrictions. *Geo-Spatial Information Science*. <https://doi.org/10.1080/10095020.2023.2300842>
- European Space Agency. (2018). *Sentinel-5P*. ESA Copernicus. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-5p>
- Fultriasantri, I., & Fajrin. (2023). Pemanfaatan pengindraan jauh untuk mengidentifikasi kepadatan bangunan menggunakan interpretasi citra sentinel-2a di kota padang. *Environmental Science*, 5(2), 155–166. <https://doi.org/https://doi.org/10.35580/jes.v5i2.43339>
- Gao, W., Zheng, C., Liu, X., Lu, Y., Chen, Y., Wei, Y., & Ma, Y. (2022). NDVI-based vegetation dynamics and their responses to climate change and human activities from 1982 to 2020: A case study in the mu us sandy land, china. *Ecological Indicators*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108745>

- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). pemanfaatan citra landsat 8 dalam mengidentifikasi nilai indeks kerapatan vegetasi (ndvi) tahun 2013 dan 2019 (area studi: kota bandar lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>
- Hardianto, R. (2020). *Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Di Kabupaten Sidoarjo*. Universitas Brawijaya.
- Hussain, S., Raza, A., Abdo, H. G., Mubeen, M., Tariq, A., Nasim, W., Majeed, M., Almohamad, H., & Al Dughairi, A. A. (2023). Relation of land surface temperature with different vegetation indices using multi-temporal remote sensing data in sahiwal region, pakistan. *Geoscience Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00287-6>
- Julian, H. D. (2021). Analisis Parameter segmentasi pada perangkat lunak ecognition menggunakan data citra foto udara. *Jurnal Swarnabhumi*, 6(1).
- Kashyap, R., Kuttippurath, J., & Patel, V. K. (2023). Improved air quality leads to enhanced vegetation growth during the covid-19 lockdown in india. *Applied Geography*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102869>
- Mega, Y., Rinzani, A., Kamaluddin, M. R., Ridwana, R., & Somantri, L. (2023). Analisis indeks kerapatan vegetasi di desa cihanjuang rahayu menggunakan citra satelit sentinel-2a dengan metode msarvi. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 11(3), 223–233. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v11i3.66790>
- Meutia, E. D., Fikri, M., Munadi, R., & Yunida. (2022). Analisis data citra satelit terra modis sebagai indikasi potensi ikan di wilayah kreung raya. *Komputer, Teknologi, Dan Elektro*, 7(1), 9–14.
- Mona, M. G., Kekenusa, J. S., & Prang, J. D. (2015). Penggunaan regresi linear berganda untuk menganalisis pendapatan petani kelapa studi kasus: petani kelapa di desa beo, kecamatan beo kabupaten talaud. *UNSRAT*, 4(2), 196–203.
- Oktaviani, N., & Kusuma, H. A. (2017, October 30). Pengenalan Citra Satelit Sentinel-2 Untuk Pementaan Kelautan. *Oseana*, 42(3), 40–55. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.3.84>
- Peraturan BIG Nomor 3 Tahun 2014, Badan Informasi Geospasial 1 (2014).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Indeks Standar Pencemar Udara, Pub. L. No. P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020, Kementrian Lingkungan Hidup (2020).

- Philiani, I., Saputra, L., Harvianto, L., & Muzaki, A. A. (2020). Pemetaan vegetasi hutan mangrove menggunakan metode normalized difference vegetation index (ndvi) di desa arakan, minahasa selatan, sulawesi utara. *Technology*, *1*(2), 211–222. <https://www.researchgate.net/publication/314430543>
- Prasmono, A. S., & Ahdika, A. (2023). Analisis regresi berganda pada faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja fisik preservasi jalan dan jembatan di provinsi sumatera selatan. *Emerging Statistics and Data Science Journal*, *1*(1), 2022.
- Rizkia, W. (2018). *Satelit Modis Terra*. Scribd. <https://www.scribd.com/presentation/388118898/Satelit-Terra#>
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2020). Accuracy assessment of land use/land cover classification using remote sensing and gis. *International Journal of Geosciences*, *08*(04), 611–622. <https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033>
- Salman, A., Al-Tayib, M., Hag-Elsafi, S., Zaidi, F. K., & Al-Duwarij, N. (2021). Spatiotemporal assessment of air quality and heat island effect due to industrial activities and urbanization in southern riyadh, saudi arabia. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app11052107>
- Sampurno, R. M., & Thorid, A. (2016). Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 (oli) di kabupaten sumedang. *Teknotan*, *10*(2), 61–69.
- Savenets, M. (2021). Air pollution in ukraine: A view from the sentinel-5p satellite. *Idojaras*, *125*(2), 271–290. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.2.6>
- Sinaga, S. H., Suprayogi, A., & Haniah. (2018). Analisis Ketersediaan ruang terbuka hijau dengan metode normalized difference vegetation index dan soil adjusted vegetation index menggunakan citra satelit sentinel-2a (studi kasus: kabupaten demak). *Jurnal Geodesi Undip*, *7*(1), 202–211.
- Siska, W., Widiatmaka, W., Setiawan, Y., & Adi, S. H. (2022). Pemetaan perubahan lahan sawah kabupaten sukabumi menggunakan google earth engine. *TATALOKA*, *24*(1), 74–83. <https://doi.org/10.14710/tataloka.24.1.74-83>
- Sukristiyanti, & Marganingrum, D. (2021). Pendeteksian kerapatan vegetasi dan suhu permukaan menggunakan citra landsat studi kasus : jawa barat bagian selatan dan sekitarnya. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, *1*, 15–24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2009.v19.19>

- Suryoprayogo, H., Rahmat Iskandar, A., & Adidrana, D. (2022). Spatio-Temporal analysis polutan karbon monoksida (co) jakarta selama pandemi menggunakan sentinel-5p tropomi. *Journal of Informatics and Communications Technology*, 41(2), 47–054. <https://doi.org/10.52661>
- Winatama, D., Syafrudin, & Widayat. (2023). Analisis kualitas udara pada kawasan transportasi, industri, perkotaan, permukiman, dan perdagangan di kota tegal. *Ilmu Lingkungan*, 21(2), 381–386.
- Zhang, T., Su, J., Liu, C., Chen, W. H., Liu, H., & Liu, G. (2017, October 23). Band selection in sentinel-2 satellite for agriculture applications. *ICAC 2017 - 2017 23rd IEEE International Conference on Automation and Computing: Addressing Global Challenges through Automation and Computing*. <https://doi.org/10.23919/ICOnAC.2017.8081990>
- Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., & Tautan, M. N. (2020). Assessing the relationship between surface levels of PM2.5 and PM10 particulate matter impact on covid-19 in milan, italy. *Science of the Total Environment*, 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825>