ANALISIS BESARNYA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP DISPERSI KARBON MONOKSIDA KECAMATAN TELUK BETUNG BARAT, KOTA BANDAR LAMPUNG PADA TAHUN 2020 DAN 2023

(Studi Kasus: Kebakaran Lahan Tempat Pembuangan Akhir Bakung)

(Skripsi)

Oleh

CLARA FARAH DIBA BILQIS
NPM 2015071043

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ANALISIS BESARNYA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP DISPERSI KARBON MONOKSIDA KECAMATAN TELUK BETUNG BARAT, KOTA BANDAR LAMPUNG PADA TAHUN 2020 DAN 2023

(Studi Kasus: Kebakaran Lahan Tempat Pembuangan Akhir Bakung)

Oleh

CLARA FARAH DIBA BILQIS

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRAK

ANALISIS BESARNYA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP DISPERSI KARBON MONOKSIDA KECAMATAN TELUK BETUNG BARAT, KOTA BANDAR LAMPUNG PADA TAHUN 2020 DAN 2023

Oleh

CLARA FARAH DIBA BILQIS

Aktivitas pembakaran oleh manusia sering kali menyebabkan bencana kebakaran, seperti kebakaran di TPA Bakung Kecamatan Teluk Betung Barat. Karbon monoksida merupakan salah satu gas utama dari kebakaran yang bersifat beracun. Dispersi karbon monoksida dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin dan temperatur udara. Angin dapat memindahkan zat pada kecepatan tertentu sehingga mempengaruhi konsentrasi karbon monoksida di udara, sementara peningkatan suhu udara dapat menangkap radiasi sinar matahari dan memicu pembentukan karbon monoksida. Melalui penelitian ini akan dianalisis pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung periode sebelum dan selama kebakaran.

Penelitian ini menggunakan metode analisis spasial yang dikombinasikan dengan analisis statistik. Metode analisis spasial yang digunakan adalah ekstraksi citra Sentinel-5P untuk memperoleh nilai konsentrasi karbon monoksida melalui penerapan *javascript* pada *platform google earth engine*. Pada data kecepatan angin dan temperatur udara dilakukan interpolasi menggunakan metode *inverse distance weighted*. Analisis besarnya pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida dilakukan menggunakan metode analisis statistik melalui uji korelasi, regresi linier, dan determinasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan angin mempengaruhi penyebaran karbon monoksida sebesar 70,4%, sedangkan suhu udara berkontribusi sebesar 79,1%. Kecepatan angin dengan karbon monoksida menunjukkan hubungan terbalik antara variabel yaitu peningkatan kecepatan angin akan diikuti dengan penurunan konsentrasi karbon monoksida. Pada temperatur udara dengan dispersi karbon monoksida mengindikasikan bahwa peningkatan suhu akan mempengaruhi kenaikan distribusi karbon monoksida.

Kata Kunci: Kebakaran, Karbon Monoksida, Dispersi, Sentinel-5P, Kecepatan Angin, Temperatur Udara

ABSTRACT

ANALYSIS THE IMPACT OF WIND SPEED AND AIR TEMPERATURE ON CARBON MONOXIDE DISPERSION IN WEST TELUK BETUNG DISTRICT, BANDAR LAMPUNG CITY DURING 2020 AND 2023

By

CLARA FARAH DIBA BILQIS

Human burning activities often lead to fire disasters, such as the fire at the Bakung landfill in West Teluk Betung District. Carbon monoxide is one of the main toxic gases produced by fires. The dispersion of carbon monoxide can be influenced by meteorological factors such as wind speed and air temperature. Wind can move substances at certain speeds, affecting the concentration of carbon monoxide in the air, while increasing air temperature can trap solar radiation and trigger the formation of carbon monoxide. Through this research, the impact of wind speed and air temperature on the dispersion of carbon monoxide in West Teluk Betung District, Bandar Lampung City will be analyzed before and during the fire. This study employed a spatial analysis method combined with statistical analysis. The spatial analysis method applied is the extraction of Sentinel-5P imagery to obtain carbon monoxide concentrations value using javascript on the google earth engine platform. Wind speed and air temperature data were interpolated using the inverse distance weighted method. The analysis of the impact of wind speed and air temperature on carbon monoxide dispersion was conducted using statistical analysis methods, including correlation tests, linear regression, and determination. The results showed that wind speed affected the dispersion of carbon monoxide by 70,4%, while air temperature contributed 79,1%. Wind speed and carbon monoxide showed an inverse relationship between the variables, with an increase in wind speed followed by a decrease in carbon monoxide concentration. In the case of air temperature and carbon monoxide dispersion, it indicates that rising temperatures will affect the increase of carbon monoxide distribution.

Keywords: Fire, Carbon Monoxide, Dispersion, Sentinel-5P, Wind Speed, Air Temperature

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi	:	ANALISIS BESARNYA PENGARUH KECEPATAN ANGIN DAN TEMPERATUR UDARA TERHADAP DISPERSI KARBON MONOKSIDA PADA KECAMATAN TELUK BETUNG BARAT, KOTA BANDAR LAMPUNG PADA TAHUN 2020 DAN 2023 (STUDI KASUS: KEBAKARAN LAHAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR BAKUNG)
Nama Mahasiswa	:	Clara Farah Diba Bilqis
Nomor Pokok Mahasiswa	:	2015071043
Jurusan	:	Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.	Anggun Tridawati, S.T., M.T.
NIP 197304102008011008	NIP 199501302022032016

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

   Ketua : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. .....

   Sekertaris : 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 : 19 September 2024

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

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

Nama	:	Clara Farah Diba Bilqis
NPM	:	2015071043
Judul Skripsi	:	Analisis Besarnya Pengaruh Kecepatan Angin dan Temperatur Udara Terhadap Dispersi Karbon Monoksida Pada Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung Pada Tahun 2020 dan 2023 (Studi Kasus: Kebakaran Lahan Tempat Pembuangan Akhir Bakung)
Program Studi	:	Teknik Geodesi
Jurusan	:	Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas	:	Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini merupakan hasil dari gagasan, perencanaan, dan pelaksanaan penelitian/implementasi yang saya lakukan sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali bimbingan dari pembimbing akademik.
2. Dalam karya tulis ini mencantumkan pendapat atau pandangan dari karya yang telah diterbitkan atau dipublikasikan oleh orang lain, dengan memberikan pengakuan kepada penulis aslinya dan menyertakannya dalam daftar pustaka.

3. Saya menyerahkan hak kepemilikan atas karya tulis ini kepada Universitas Lampung, dan oleh karenanya Universitas Lampung memiliki hak untuk mengelola karya tulis ini sesuai dengan ketentuan hukum dan etika yang berlaku.
4. Pernyataan ini saya buat dengan jujur dan jika di kemudian hari ditemukan penyimpangan atau kebohongan, saya bersedia menerima hukuman atau sanksi akademik sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 01 Februari 2024

Penulis

Clara Farah Diba Bilqis

NPM 2015071043

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kota Bandar Lampung pada tanggal 07 November 2003, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Herwansyah Mapak dan Ibu Wiwik Hastuti. Penulis mengawali jenjang akademis di SDN 2 Perumnas Way Halim dan lulus pada tahun 2014 kemudian dilanjutkan di SMPN 2 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017. Penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 9 Bandar Lampung pada tahun 2020.

Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di program S1 Teknik Geodesi melalui jalur tes atau SBMPTN. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Lampung periode 2020/2023. Selain itu, penulis juga bergabung dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian Universitas Lampung selama dua periode kepengurusan, yakni 2021 hingga 2023.

Dalam bidang akademis, penulis terlibat sebagai asisten praktikum survei terestris pada tahun 2022. Selain itu, penulis aktif dalam kegiatan perlombaan sejak tahun 2021 dengan prestasi peraih medali emas internasional dalam inovasi sains dan kemasyarakatan tahun 2022 serta memperoleh juara satu dalam bidang inovasi lingkungan di tingkat nasional tahun 2021. Pengalaman praktik penulis dilanjutkan dengan menjalani program Kerja Praktik di PT. Hutama Karya (Persero) yang berlangsung selama tiga bulan dari tanggal 21 Agustus hingga 21 November 2023. Selain itu, penulis juga turut serta dalam program Kuliah Kerja Nyata selama 40 hari dengan hasil akhir yakni Peta Batas Desa Purwodadi, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah.

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini yang telah dibuat dengan penuh perjuangan. Karya ini dipersembahkan dengan tulus kepada:

Ayahanda tercinta Herwansyah Mapak

Ibunda tercinta Wiwik Hastuti

Sebagai sosok yang tidak pernah putus rasa cintanya untuk terus mendoakan, mengasihi, berjuang, dan memberikan kasih sayang yang tidak terhingga demi impian masa depan cerah bagi anaknya kelak. Ucapan terima kasih diberikan sebesar-besarnya atas segala kebaikanmu yang tidak akan pernah terbalaskan.

Kedua kakak tersayang, **Lentera Tiara Sari** dan **Iqbal Picasso Mubarak** yang selalu menjadi teman terbaik dan senantiasa memberikan dukungan serta semangat tiada henti.

Para pendidik Fakultas Teknik Geodesi dan Geomatika yang telah mengajarkan banyak ilmu dan pengalaman sehingga membuka pola pikir dan perspektif diri yang baru.

MOTTO

"What you seek is seeking you"
(Jalaludin Rumi)

"Everything you lose is a step you take"
(John Doe)

"Maka sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan"
(QS. Al Insyirah : 5-6)

"Tidaklah Allah mempercepat, tidak pula Allah memperlambat takdirmu.
Allah sebaik-baiknya pengatur dan perencana. Percayalah, tidak ada yang buruk
di setiap rencana-Nya"

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Besarnya Pengaruh Kecepatan Angin dan Temperatur Udara Terhadap Dispersi Karbon Monoksida Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung Pada Tahun 2020 dan 2023" dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Tugas Akhir bagi mahasiswa Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung. Semoga skripsi ini dapat menambah ilmu dan wawasan bagi para pembaca serta memberikan ide-ide untuk pengembangan ilmu pengetahuan kepada penulis dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Selama penulisan dan penyusunan skripsi ini, tidak terlepas dari dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan 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 Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji pada sidang skripsi atas kritik dan saran dalam proses penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
7. Kepada keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materi.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. 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, 01 Februari 2024
Penulis

Clara Farah Diba Bilqis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL xv

DAFTAR GAMBAR xvi

I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang dan Masalah 1
1.2 Tujuan Penelitian 4
1.3 Manfaat Penelitian 4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian 5
1.5 Hipotesis 6

II. TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Penelitian Terdahulu 7
2.2 Karbon Monoksida 11
2.3 Dispersi Karbon Monoksida 11
2.4 Dispersi Karbon Monoksida di Bandar Lampung 12
2.5 Dispersi Karbon Monoksida di TPA Bakung 12
2.6 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Dispersi Karbon Monoksida 13
2.6.1 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Polusi Udara 13
2.6.2 Hubungan Temperatur Udara Terhadap Polusi Udara 14
2.6.3 Hubungan Curah Hujan dengan Dispersi Karbon Monoksida 14
2.7 Penentuan Besaran Dispersi Karbon Monoksida 15
2.7.1 Sentinel-5P 15
2.7.2 *Google Earth Engine* (GEE) 15
2.7.3 *Inverse Distance Weighted* (IDW) 16
2.7.4 Uji Akurasi *Root Mean Square Error* (RMSE) 18
2.7.5 Uji Korelasi *Pearson Product Moment* 18
2.7.6 Uji Regresi Linier Tunggal 20
2.7.7 Uji Determinasi 21

III. METODOLOGI PENELITIAN 23
3.1 Lokasi Penelitian 23
3.2 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak 24
3.2.1 Perangkat Keras 24
3.2.2 Perangkat Lunak 24

3.3 Data 24
3.4 Diagram Alir Penelitian 26
3.5 Tahapan Pengerjaan 27
3.5.1 Tahapan Persiapan 27
3.5.2 Tahapan Pengolahan Data dan Analisis Hasil 28
3.5.3 Tahapan Akhir 35

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1 Hasil 36
4.1.1 Dispersi Karbon Monoksida Pada Kecamatan Teluk Betung Barat Tahun 2020 dan 2023 36
4.1.2 Hasil Uji Akurasi 40
4.1.3 Kecepatan Angin Pada Kecamatan Teluk Betung Barat Tahun 2020 dan 2023 41
4.1.4 Temperatur Udara Pada Kecamatan Teluk Betung Barat Tahun 2020 dan 2023 43
4.1.5 Uji Korelasi, Regresi, dan Determinasi 45
4.2 Pembahasan 48
4.2.1 Dispersi Karbon Monoksida Berdasarkan Kelurahan 48
4.2.2 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Dispersi Karbon Monoksida 50
4.2.3 Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Dispersi Karbon Monoksida 53

V. PENUTUP 56
5.1 Simpulan 56
5.2 Saran 57

DAFTAR PUSTAKA 58

LAMPIRAN A 64

LAMPIRAN B 67

LAMPIRAN C 72

LAMPIRAN D 78

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Penelitian Terdahulu 8
2. Rentang Tingkat Korelasi 19
3. Tingkat Interval Nilai Determinasi 21
4. Data Penelitian 24
5. Karakteristik Sentinel-5P 25
6. Perbandingan Nilai Karbon Monoksida Sebelum dan Saat Kebakaran 37
7. Hasil Perhitungan Uji Akurasi 40
8. Rata-Rata Kecepatan Angin Sebelum dan Saat Kebakaran 41
9. Rata-Rata Temperatur Udara Sebelum dan Saat Kebakaran 43
10. Data Uji Korelasi, Regresi, dan Determinasi 45
11. Hasil Perhitungan Dispersi Karbon Monoksida Terhadap Kecepatan Angin. 46
12. Hasil Perhitungan Dispersi Karbon Monoksida Terhadap Temperatur Udara 47
13. Perbandingan Hasil Regresi Antar Variabel 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Lokasi Penelitian 23
2. Diagram Alir Penelitian 26
3. Proses Pengolahan Pada *Platform* GEE 29
4. Grafik Nilai Harian Karbon Monoksida Pada *Platform* GEE 30
5. *Script* Pemrograman Penelitian 31
6. Proses Interpolasi 32
7. Pemotongan Data Interpolasi Berdasarkan Batas Administrasi 33
8. Peta Dispersi Karbon Monoksida Kecamatan Teluk Betung Barat Sebelum Kebakaran 37
9. Peta Dispersi Karbon Monoksida Kecamatan Teluk Betung Barat Saat Kebakaran 38
10. Peta Kecepatan Angin Kecamatan Teluk Betung Barat Sebelum Kebakaran 42
11. Peta Kecepatan Angin Kecamatan Teluk Betung Barat Saat Kebakaran 42
12. Peta Temperatur Udara Kecamatan Teluk Betung Barat Sebelum Kebakaran 44
13. Peta Temperatur Udara Kecamatan Teluk Betung Barat Saat Kebakaran 44
14. Grafik Dispersi Karbon Tahun 2020 dan 2023 49
15. Grafik (a) Konsentrasi Karbon Monoksida dan (b) Nilai Kecepatan Angin .. 51
16. *Scatter Plot* Dispersi Karbon Monoksida Terhadap Kecepatan Angin 52
17. Grafik (a) Konsentrasi Karbon Monoksida dan (b) Nilai Temperatur Udara . 53
18. *Scatter Plot* Dispersi Karbon Monoksida Terhadap Temperatur Udara 54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Manusia tidak bisa lepas dari aktivitas pembakaran. Mulai dari penggunaan kendaraan bermotor, pembakaran hutan dan lahan secara liar, pembuangan puntung rokok sembarangan dan kegiatan industri lainnya. Aktivitas ini dibuktikan dalam penelitian Darjo, Suarna, dan Wijana (2021) bahwa pembuangan puntung rokok sembarang menjadi penyebab utama kebakaran lahan dan hutan di Indonesia. Kebakaran merupakan keadaan dimana suatu bahan bersuhu kritis yang bereaksi kimia dengan oksigen sehingga menghasilkan api, asap, dan produk lainnya (Badan Standarisasi Nasional, 2000). Kebakaran tidak hanya menyebabkan kerugian materi, tetapi juga nyawa dan kesehatan manusia. Yuliusman (2015) menyatakan tingkat kematian akibat keracunan asap di dunia lebih besar 85% dibandingkan dengan cedera luka bakar.

Karbon monoksida merupakan salah satu gas polutan penghasil utama dari kebakaran (Butler dan Mulholland, 2004). Karbon monoksida adalah gas beracun dari proses pembakaran tidak sempurna yang tidak memiliki warna, bau, dan rasa (Raub dkk., 2000). Masalah yang muncul akibat dari kebakaran berdampak besar terhadap kesehatan. Karbon monoksida yang terkandung dalam asap kebakaran akan sangat mudah masuk ke dalam saluran pernapasan sehingga menyebabkan iritasi pada tenggorokan, hidung, dan mata manusia (Susanto dkk., 2019). Polutan tersebut masuk ke dalam aliran darah dan mengikat hemoglobin sehingga tubuh kesulitan mengangkut oksigen yang berakibat kematian (Anggraeni, 2009). Dalam laporan indeks kualitas udara oleh Lee dan Greenstone (2021), rata-rata penduduk Indonesia diperkirakan akan kehilangan sekitar 2,5 tahun harapan hidup akibat kualitas udara yang tidak memenuhi standar keamanan.

Menurut Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung (2024), Bandar Lampung merupakan Ibukota Provinsi Lampung dengan jumlah populasi sebesar 1.214,33 jiwa. Kota ini dikategorikan sebagai kawasan perkotaan padat penduduk. Namun, kawasan ini beresiko sangat rentan terhadap bencana seperti kebakaran. Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kota Bandar Lampung melaporkan bahwa sepanjang tahun 2023 telah terjadi 466 kasus kebakaran di kota tersebut, 372 kasus diantaranya adalah kebakaran lahan. Selama bulan Oktober 2023, Kota Bandar Lampung mengalami tiga kebakaran lahan yang signifikan yaitu pada lahan seluas empat hektar di Jalan Sultan Agung, Kecamatan Way Halim dan satu hektar lahan di Jalan Raden Imba Kusuma, Kecamatan Teluk Betung Selatan. Kebakaran lahan terparah terjadi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bakung, Kecamatan Teluk Betung Barat seluas 14 hektar yang berlangsung selama tujuh hari mulai dari tanggal 13 hingga 20 Oktober 2023.

Tingginya kasus kebakaran di Kota Bandar Lampung akan berbanding lurus terhadap tingkat konsentrasi karbon monoksida di udara. Dampak dari kebakaran seringkali sulit diperkirakan karena keterbatasan informasi mengenai dispersi polutan. Karbon monoksida yang disebabkan oleh kebakaran akan diemisikan langsung ke atmosfer sehingga faktor meteorologi seperti angin dan suhu udara sangat mempengaruhi tingkat dispersi kadar karbon tersebut (Butler dan Mulholland, 2004; Wardhana, 2004). Dispersi karbon monoksida dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi seperti angin dan temperatur udara pada suatu wilayah. Angin yang memiliki kemampuan memindahkan suatu zat dalam kecepatan tertentu dapat mempengaruhi konsentrasi karbon monoksida di udara sedangkan peningkatan pada suhu udara akan menangkap radiasi sinar matahari dan memicu pembentukan karbon monoksida (Rahmawati, 1999; Wardhana, 2004). Dispersi karbon monoksida yang dihasilkan dari kebakaran lahan menimbulkan dampak besar bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, analisis ini sangat diperlukan untuk menyediakan informasi mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi dispersi karbon monoksida seperti kecepatan angin dan temperatur udara.

Dispersi karbon monoksida telah menjadi fokus perhatian beberapa peneliti, terutama dalam konteks hubungannya dengan kecepatan angin dan temperatur udara. Suhardono dkk. (2023) dalam penelitiannya menemukan bahwa persebaran karbon monoksida memiliki korelasi moderat dengan temperatur udara, dengan koefisien korelasi 0,5. Sementara penelitian Magro dkk. (2021) menunjukkan bahwa kecepatan angin berperan signifikan dalam persebaran karbon monoksida, sebesar 53%. Kedua penelitian ini memanfaatkan Sentinel-5P *level-2* dalam pendeteksian karbon monoksida. Penggunaan Sentinel-5P mampu menunjukkan pola dan distribusi yang sesuai dengan intensitas kebakaran (Magro dkk., 2021). Namun, penelitian-penelitian tersebut cenderung hanya fokus pada satu variabel saja, yaitu antara temperatur udara dan kecepatan angin. Hanya beberapa peneliti yang menggunakan kedua variabel tersebut seperti Rachmanto dan Hidayat (2022), namun dalam penelitian tersebut menggunakan data pengukuran langsung yang sulit untuk dianalisis lebih lanjut dikarenakan keterbatasan alat dan biaya.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan informasi mengenai dispersi karbon monoksida pada Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung Tahun 2020 dan 2023 akibat kebakaran lahan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bakung. Kadar emisi akan diidentifikasi pada sebelum dan saat kejadian. Tingkat konsentrasi karbon monoksida dianalisis besar pengaruhnya berdasarkan faktor meteorologi yaitu temperatur udara dan kecepatan angin. Pada penelitian ini, penulis menggunakan citra Sentinel-5P *level-3* yang tersedia secara gratis sehingga mempermudah akses dan penggunaannya. Citra Sentinel-5P *level-3* merupakan hasil konversi dari *level-2* sehingga memiliki kualitas satu tingkat lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Giananti dkk., 2023). Dengan menerapkan komputasi berbasis awan yaitu *google earth engine*, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat sehingga hasil analisis dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi oleh pihak pemerintah setempat dalam pengambilan kebijakan. Permintaan data analisis yang berkepanjangan menjadikan penelitian ini layak dilanjutkan pada analisa berikutnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung pada tahun 2020 dan 2023.
2. Menganalisis besarnya pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung pada tahun 2020 dan 2023.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dirincikan seperti berikut:

1. Bagi Penulis

   Penelitian ini menjadi ruang pembelajaran dalam mengembangkan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman peneliti dalam bidang penginderaan jauh.
2. Bagi Masyarakat

   Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap dampak kesehatannya dan kewaspadaan terhadap potensi bencana.
3. Bagi Pemerintah

   Hasil penelitian ini diharapkan sebagai rekomendasi bagi pemerintah untuk menggunakan metode ini dalam menghitung sebaran emisi karbon monoksida sehingga memudahkan prediksi dampak polusi berdasarkan perubahan kondisi meteorologi.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini antara lain:

1. Penelitian dilakukan di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung dengan objek penelitian kasus kebakaran lahan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Bakung. Periode penelitian adalah sebelum terjadinya kebakaran pada Bulan Oktober Tahun 2020 dan saat terjadinya kebakaran pada tanggal 13 sampai dengan 20 Oktober Tahun 2023.
2. Data yang digunakan adalah citra Sentinel-5P *Tropospheric Monitoring Instrument* (TROPOMI) *level-3* tahun 2020 dan 2023 dengan tipe sebaran gas karbon monoksida. Data sekunder yang digunakan adalah data rata-rata temperatur udara dan data rata-rata kecepatan angin pada Bulan Oktober Tahun 2020 yaitu sebelum terjadinya kebakaran dan pada tanggal 13 sampai dengan 20 Oktober Tahun 2023 yaitu saat terjadinya kebakaran yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Panjang dan Stasiun Meteorologi Radin Inten II. Data sekunder tersedia secara daring dalam laman Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
3. Penelitian ini menggunakan *platform google earth engine* untuk mendapatkan nilai emisi karbon monoksida pada wilayah kebakaran dan perangkat lunak pengolah data spasial sebagai media interpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) pada data temperatur udara serta data kecepatan angin.
4. Tahap analisis menghasilkan nilai dispersi karbon monoksida pada sebelum dan saat kejadian serta pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung pada tahun 2020 dan 2023.

1.5 Hipotesis

Hipotesis awal dalam penelitian ini adalah tingkat konsentrasi suatu karbon monoksida akan semakin rendah pada kondisi kecepatan angin yang tinggi. Dispersi karbon monoksida akan cenderung lebih minim dikarenakan polutan yang tersebar akan terbawa oleh angin menjauhi lokasi tersebut. Apabila kecepatan angin lemah, polutan akan menumpuk pada area dan sekitar lokasi pencemaran. Sebaliknya, hubungan antara temperatur udara dan konsentrasi karbon monoksida berbanding lurus dimana semakin tinggi temperatur di suatu wilayah maka kadar karbon monoksida akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada kondisi temperatur yang tinggi, karbon dioksida (CO_2) akan terurai dan membentuk karbon monoksida (CO).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan penulis dalam segi pemilihan jenis data, variabel yang digunakan, metode pengambilan data, dan penentuan hipotesis penelitian. Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian pustaka dari berbagai sumber yang terkait dengan penelitian seperti jurnal, buku, dan sumber lainnya baik dari tingkat nasional maupun internasional. Sumber tersebut akan digunakan sebagai referensi penelitian baik dari penggunaan data atau metode sehingga dapat diperoleh gagasan baru.

Penelitian terdahulu Magro dkk. (2021) mendasari penulis dalam menggunakan jenis data Sentinel-5P yang dinilai sangat efektif untuk mengidentifikasi karbon monoksida. Dari segi metode, penulis menggunakan metode analisis spasial dan statistik yang berbeda dari penelitian Rachmanto dan Hidayat (2022) serta Wirosoedarmo dkk. (2020) yang menerapkan metode pengukuran langsung. Dalam menentukan variabel dan hipotesis penelitian, penulis mengacu pada beberapa penelitian seperti Magro dkk. (2021) dan Wirosoedarmo dkk. (2020) yang menetapkan bahwa karbon monoksida akan menurun seiring tingginya kecepatan angin. Sedangkan pada penelitian Suhardono dkk. (2023), Arista, Saraswati, dan Wibowo (2019) menyatakan kondisi temperatur yang tinggi akan meningkatkan dispersi karbon monoksida. Namun, penelitian-penelitian tersebut cenderung hanya fokus pada satu variabel saja, yaitu antara temperatur udara dan kecepatan angin sehingga penelitian ini menggunakan kedua variabel untuk mengetahui pengaruhnya terhadap dispersi karbon monoksida. Adapun penjelasan lebih detail terkait penelitian terdahulu yang digunakan tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Data	Hasil	Kelebihan dan Kekurangan	Penggunaan
1.	*Changes in the Distribution of Air Pollutants (Carbon Monoxide) during the Control of the COVID-19 Pandemic in Jakarta, Surabaya, and Yogyakarta, Indonesia* (Suhardono dkk., 2023)	Sentinel-5P TROPOMI *Level-2*	Uji korelasi antara konsentrasi karbon monoksida dengan temperatur udara menunjukkan hubungan positif dengan nilai r sebesar 0,5. Temperatur udara dinilai berpengaruh terhadap tingkat konsentrasi karbon monoksida sebelum dan selama pandemi COVID-19.	1) Hasil dari penelitian ini mendukung hipotesis penulis yaitu semakin tinggi suhu maka semakin meningkat konsentrasi karbon monoksida. 2) Menggunakan Sentinel-5P *level-2* 3) Hanya meneliti hubungan antara persebaran karbon monoksida dengan temperatur udara.	Penelitian ini digunakan penulis sebagai pedoman dalam penentuan hipotesis serta dalam penetapan variabel penelitian.
2.	Pengaruh Volume Lalu Lintas dan Faktor Meteorologi terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Udara Jalan Bypass Mojokerto (Rachmanto dan Hidayat, 2022)	Pengukuran Langsung	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa temperatur udara memiliki pengaruh yang lebih besar sebesar 9,4% dibandingkan kecepatan angin hanya sebesar 3,3%.	1) Menggunakan kedua variabel yaitu kecepatan angin dan temperatur udara dalam penelitiannya. 2) Penelitian ini mendukung hipotesis penulis yaitu distribusi karbon monoksida akan menurun saat kondisi kecepatan angin yang tinggi. 3) Menerapkan metode pengukuran langsung dalam pengambilan data.	Sebagai panduan dalam merumuskan hipotesis penelitian dan pemilihan metode pengambilan data yang berbeda dari penelitian ini.

No	Judul Penelitian	Data	Hasil	Kelebihan dan Kekurangan	Penggunaan
3.	*Atmospheric Trends of CO and CH4 from Extreme Wildfires in Portugal Using Sentinel-5P TROPOMI Level-2 Data* (Magro dkk., 2021)	Sentinel-5P TROPOMI *Level-2*	Konsentrasi karbon monoksida akan berbanding terbalik terhadap kecepatan angin. Penelitian ini menyatakan bahwa kecepatan angin mempengaruhi penyebaran konsentrasi dengan proporsi sebesar 53%.	1) Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan Sentinel-5P sangat efektif dalam meng-identifikasi karbon monoksida. 2) Hasil dari penelitian ini mendukung hipotesis penulis yaitu distribusi karbon monoksida akan menurun saat kondisi kecepatan angin yang tinggi. 3) Hanya meneliti hubungan antara persebaran karbon monoksida dengan kecepatan angin. 4) Menggunakan Sentinel-5P *level-2*	Sebagai pedoman penulis pada penentuan hipotesis penelitian serta acuan dalam penggunaan Sentinel-5P untuk meng-identifikasi karbon monoksida.
4.	Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin Terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari (Wirosoedarmo dkk., 2020)	Pengukuran Langsung	Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa kecepatan angin mempengaruhi konsentrasi karbon monoksida sebesar 42.28%. Hubungan antara kedua variabel tersebut saling berbanding terbalik.	1) Hasil dari penelitian ini mendukung hipotesis penulis yaitu distribusi karbon monoksida akan menurun saat kondisi kecepatan angin yang tinggi. 2) Menggunakan pengukuran langsung dalam pengambilan data.	Penelitian ini digunakan penulis sebagai pedoman dalam penentuan hipotesis penelitian.

No	Judul Penelitian	Data	Hasil	Kelebihan dan Kekurangan	Penggunaan
				3) Hanya meneliti hubungan antara persebaran karbon monoksida dengan kecepatan angin.	
5.	Pemodelan Spasial Distribusi Karbon Monoksida di Kota Bandung (Arista, Saraswati, dan Wibowo, 2019)	Landsat 8	Penelitian ini menunjukkan kadar karbon monoksida yang tinggi berada pada area dengan suhu permukaan tinggi. Korelasi antara suhu dan distribusi karbon monoksida berada pada rentang nilai yang cukup kuat sebesar 0,25 – 0,50.	1) Hasil dari penelitian ini mendukung hipotesis penulis yaitu semakin tinggi temperatur udara di suatu wilayah maka kadar karbon monoksida akan semakin meningkat. 2) Hanya meneliti hubungan antara persebaran karbon monoksida dengan temperatur udara.	Sebagai acuan pada penentuan hipotesis penelitian serta dalam penetapan variabel penelitian.
6.	Analisis Besarnya Pengaruh Kecepatan Angin dan Temperatur Udara Terhadap Dispersi Karbon Monoksida Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung Pada Tahun 2020 dan 2023 (Studi Kasus: Kebakaran Lahan Tempat Pembuangan Akhir Bakung) (Penulis, 2024)	Sentinel-5P TROPOMI *Level-3*	Hipotesis pada penelitian ini adalah bahwa semakin tinggi kecepatan angin, maka tingkat konsentrasi karbon monoksida akan semakin rendah. Sedangkan variabel temperatur udara berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi karbon monoksida.	1) Pada penelitian ini digunakan dua variabel yaitu kecepatan angin dan temperatur udara untuk mengetahui pengaruhnya terhadap persebaran karbon monoksida. 2) Menggunakan citra Sentinel-5P jenis terbaru yaitu *level-3* dengan tipe sebaran karbon monoksida.	Penelitian ini melakukan keterbaruan dengan penelitian terdahulu dari segi pemilihan jenis data, variabel yang digunakan, metode pengambilan data, dan *platform* pengolahan.

No	Judul Penelitian	Data	Hasil	Kelebihan dan Kekurangan	Penggunaan
			Semakin tinggi suhu di suatu wilayah maka kadar karbon monoksida akan semakin meningkat.	3) Data yang digunakan pada penelitian ini bersifat *open source* sehingga dapat diakses kapan saja secara gratis.	

2.2 Karbon Monoksida

Karbon monoksida merupakan senyawa tak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang dihasilkan dari proses pembakaran material yang mengandung arang atau bahan organik, baik dalam proses industri maupun alami (Raub dkk., 2000). Gas karbon monoksida merupakan zat beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna, seperti yang sering terjadi pada pembakaran lahan, asap rokok, kendaraan bermotor, dan sebagainya. Penyebaran karbon monoksida cenderung lebih luas di daerah perkotaan daripada di pedesaan. Dampak dari emisi ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca, bangunan, dan topografi di suatu wilayah. Karbon monoksida dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia ketika terhirup ke dalam paru-paru dan masuk ke dalam aliran darah. Ketika manusia menghirup asap karbon monoksida, senyawa tersebut akan masuk ke dalam darah dan berubah menjadi karboksi hemoglobin (HbCO) dalam waktu 4-12 jam yang mengakibatkan tubuh sulit untuk mengangkut oksigen (Anggraeni, 2009).

2.3 Dispersi Karbon Monoksida

Dispersi karbon monoksida merupakan proses penyebaran gas ini di atmosfer yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan meteorologi. Karbon monoksida dihasilkan terutama dari pembakaran bahan bakar fosil, seperti dari kendaraan bermotor dan aktivitas industri (Wardhana, 2004). Penyebaran gas ini terjadi melalui dua mekanisme utama yaitu difusi, di mana gas berpindah dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah, dan adveksi, di

mana pergerakan gas mengikuti aliran udara yang membawanya ke area yang lebih luas. Kecepatan angin, temperatur, dan curah hujan juga memainkan peranan penting dalam menentukan seberapa jauh dan ke arah mana karbon monoksida tersebar (Suryani, 2010). Pengukuran konsentrasi karbon monoksida di area spesifik, seperti Kota Bandar Lampung dapat membantu dalam memahami bagaimana karbon monoksida tersebar dan dampak yang ditimbulkan terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan.

2.4 Dispersi Karbon Monoksida di Bandar Lampung

Bandar Lampung merupakan Ibukota Provinsi Lampung dengan jumlah populasi sebesar 1.214,33 jiwa sehingga dikategorikan sebagai kawasan perkotaan padat penduduk (Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung, 2024). Hal ini menjadikan dispersi karbon monoksida di Kota Bandar Lampung sangat dipengaruhi oleh sumber emisi lokal dari aktivitas masyarakat. Emisi karbon monoksida sebagian besar berasal dari penggunaan kendaraan bermotor, pembakaran hutan dan lahan secara liar, pembuangan puntung rokok sembarangan dan kegiatan industri lainnya (Nasution dkk., 2020). Sepanjang tahun 2023, Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kota Bandar Lampung melaporkan telah terjadi 466 kasus kebakaran di Kota Bandar Lampung dengan 372 kasus diantaranya adalah kebakaran lahan. Kebakaran TPA Bakung Kota Bandar Lampung menjadi kebakaran lahan terparah pada Bulan Oktober Tahun 2023.

2.5 Dispersi Karbon Monoksida di TPA Bakung

TPA Bakung merupakan pusat utama penampungan sampah dari seluruh wilayah Kota Bandar Lampung sehingga konsentrasi karbon monoksida umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan area lain (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Bandar Lampung, 2015). Pada tanggal 13 hingga 20 Oktober 2023, telah terjadi kebakaran di TPA Bakung dengan wilayah terdampak seluas 14 hektar (Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kota Bandar Lampung, 2023). Peristiwa

ini menyebabkan peningkatan polusi udara yang signifikan. Kadar karbon monoksida yang terakumulasi dan melebihi baku mutu akan mengganggu kualitas lingkungan dan kesehatan manusia dan berdampak akut terhadap kesehatan manusia terutama terhadap orang lanjut usia dan anak-anak (Putra dan Tisnawan, 2017). Kasus kebakaran ini akan berbanding lurus terhadap tingkat konsentrasi karbon monoksida di udara. Dampak dari kebakaran seringkali sulit diperkirakan karena keterbatasan informasi mengenai dispersi polutan. Karbon monoksida yang disebabkan oleh kebakaran akan diemisikan langsung ke atmosfer sehingga faktor meteorologi seperti angin dan suhu udara sangat mempengaruhi tingkat dispersi kadar karbon tersebut (Butler dan Mulholland, 2004; Wardhana, 2004).

2.6 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Dispersi Karbon Monoksida

Faktor meteorologi memiliki pengaruh besar terhadap dispersi karbon monoksida di atmosfer. Pada kasus kebakaran lahan, asap kebakaran yang mengandung karbon monoksida akan terdistribusi langsung ke atmosfer dimana faktor meteorologi seperti angin dan temperatur di udara dapat menyebabkan gangguan aliran udara dan mempengaruhi kestabilan atmosfer sehingga dapat membatasi penyebaran karbon monoksida tersebut (Butler dan Mulholland, 2004). Faktor meteorologi mencakup seperti kecepatan angin, temperatur udara, dan curah hujan yang dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

2.6.1 Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Polusi Udara

Angin merupakan pergerakan dinamis dari massa udara dengan kecepatan yang tidak tetap dan bervariasi. Pergerakan angin terjadi karena perbedaan tekanan udara antara area bertekanan tinggi dan rendah, yang dipengaruhi oleh rotasi bumi di sekitar sumbunya, menciptakan gaya yang mengarahkan arah pergerakan angin (Lakitan, 2002). Dalam konteks persebaran polusi udara, angin memainkan peran utama karena dapat memindahkan zat pencemar dari satu lokasi ke lokasi lain. Arah dan kecepatan angin permukaan akan sangat mempengaruhi bagaimana polutan udara bergerak dan menyebar di sekitar

permukaan tanah. Daerah dengan kecepatan angin yang lebih tinggi akan membuat polutan terbawa lebih jauh dari sumbernya dengan lebih cepat. Sebaliknya, daerah dengan kecepatan angin rendah cenderung menyebabkan polutan berkumpul di sekitar sumber pencemar dan bertahan lebih lama di daerah terkait (Rahmawati, 1999).

2.6.2 Hubungan Temperatur Udara Terhadap Polusi Udara

Temperatur merupakan faktor iklim yang mempengaruhi prakiraan cuaca maupun analisa cuaca. Kondisi temperatur pada udara permukaan akan mengalami kenaikan ketika siang hari dan akan menurun ketika malam hari. Berdasarkan kejadian hal inilah, temperatur di lapisan udara dapat mempengaruhi lapisan atmosfer yang ada (Mukono, 2011). Perubahan temperatur dapat mempengaruhi distribusi polutan di atmosfer. Pada kondisi temperatur tinggi, karbon dioksida (CO_2) akan terurai dan membentuk karbon monoksida (CO). Daerah perkotaan yang padat penduduk menjadi pusat pembentukan karbon monoksida. Radiasi sinar matahari akan terperangkap dan tidak bisa dipantulkan sehingga meningkatkan suhu udara lokal. Kenaikan suhu ini memicu pembentukan karbon monoksida (Wardhana, 2004).

2.6.3 Hubungan Curah Hujan dengan Dispersi Karbon Monoksida

Curah hujan dapat mempengaruhi konsentrasi karbon monoksida di atmosfer melalui mekanisme pencucian udara. Saat hujan turun, air hujan dapat menyerap dan membawa gas-gas polutan seperti karbon monoksida ke permukaan tanah, sehingga mengurangi konsentrasinya di udara. Efek ini terutama terlihat selama hujan lebat, di mana kadar karbon monoksida di atmosfer dapat turun secara signifikan. Hubungan antara curah hujan dan dispersi karbon monoksida berpengaruh besar dalam memperkirakan fluktuasi kualitas udara berdasarkan pola cuaca (Budiwati dkk., 2010).

2.7 Penentuan Besaran Dispersi Karbon Monoksida

Dalam menentukan besarnya pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida, diperlukan berbagai data pendukung, metode, dan *platform* pengolahan dalam pengaplikasiannya. Adapun hal tersebut dijelaskan secara detail sebagai berikut.

2.7.1 Sentinel-5P

Sentinel-5P adalah sebuah citra satelit yang dikembangkan oleh *European Space Agency* (ESA) dengan tujuan utama untuk memonitor tingkat polusi udara serta konsentrasi gas dalam atmosfer. Alat sensor yang digunakan pada satelit ini disebut *tropospheric monitoring instrument* (TROPOMI) yang dirancang untuk mengukur radiasi sinar ultraviolet pada spektrum yang luas. (Theys dkk., 2017). Salah satu informasi yang dapat diperoleh dari satelit Sentinel-5P merupakan sebaran densitas kolom troposferik untuk beberapa gas, termasuk gas karbon monoksida. Sentinel-5P berfokus pada pemantauan kualitas udara, pemahaman iklim, serta pemantauan ozon dan UV di permukaan bumi (Rarasati dan Afgatiani, 2020). Pengolahan Sentinel-5P dapat dilakukan pada *platform* pengolahan seperti *google earth engine.*

2.7.2 *Google Earth Engine* (GEE)

GEE pertama kali diluncurkan pada tahun 2010 sebagai *platform* berbasis *cloud computing* atau komputasi awan dengan menerapkan sistem pemrograman *javascript* (Gorelick dkk., 2017). GEE merupakan *platform* analisis yang memanfaatkan teknik penginderaan jauh yang dapat memungkinkan bagi penggunanya dalam mengakses, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang biasanya dalam bentuk peta, grafik atau animasi yang telah diolah secara efektif dan menghasilkan data berkualitas tinggi pada jumlah data yang sangat besar. Data yang diolah pada umumnya citra satelit yang bersumber dari *landsat, sentinel,* dan MODIS dalam melakukan analisis

spasial (Prayogo, 2021). Konsep GEE yang berbasis *javascript* menyediakan banyak fungsi yang memudahkan proses pengolahan data. Aktivitas seperti reduksi data dapat diaplikasikan menggunakan fungsi *ee.Reducer*. Fungsi ini mengumpulkan data dari waktu ke waktu, ruang, pita, larik, dan struktur data lainnya sesuai tipe agregasi yang diinginkan, seperti minimum, maksimum, rata-rata, median, deviasi standar, dan lainnya (GEE Developer, 2024).

GEE menyediakan berbagai data geospasial secara terbuka dengan memanfaatkan teknologi *High Performance Computing* (HPC). Teknologi ini memungkinkan GEE untuk melakukan pemrosesan data berukuran besar dalam waktu singkat, termasuk data citra satelit (Gorelick dkk., 2017). Citra Sentinel-5P yang memiliki kepadatan kolom gas tertentu dapat diekstraksi menggunakan fungsi dalam GEE. Proses ekstraksi dilakukan dengan memperoleh nilai rata-rata pantulan dalam setiap kelas pada tiap *band*-nya menggunakan metode pengolahan agregasi rata-rata atau fungsi *ee.Reducer.mean.* Dengan demikian, citra Sentinel-5P akan menampilkan nilai kepadatan kolom gas berdasarkan rata-rata nilai pantulan untuk setiap kelas pada setiap band (GEE Developer, 2024).

2.7.3 *Inverse Distance Weighted* (IDW)

Interpolasi merupakan teknik untuk memperkirakan nilai data yang tidak terukur pada titik tertentu dengan menggunakan informasi dari titik-titik di sekitarnya yang sudah diukur atau diketahui. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa nilai-nilai di titik yang berdekatan cenderung mirip satu sama lain, sementara nilai-nilai di titik yang lebih jauh cenderung berbeda (Hadi, 2013). Salah satu metode interpolasi yang umum digunakan adalah IDW yang mengasumsikan bahwa nilai di suatu titik dipengaruhi oleh nilai di titik-titik lain yang berdekatan secara spasial.

IDW memberikan bobot yang lebih tinggi pada titik data yang lebih dekat dengan titik yang diestimasi dibandingkan dengan titik yang lebih jauh. Metode ini mempertimbangkan titik-titik dalam jarak tertentu untuk menentukan nilai perkiraan untuk setiap lokasi (Indarto, 2013). Kelebihan dari metode ini terletak pada kemampuannya untuk mengendalikan karakteristik interpolasi dengan membatasi titik-titik masukan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang berada jauh dari titik sampel, yang diasumsikan memiliki korelasi spasial rendah atau bahkan tidak memiliki korelasi spasial, dapat dikeluarkan dari perhitungan. Pemilihan titik-titik yang akan digunakan dalam interpolasi dapat ditentukan secara langsung atau berdasarkan jarak yang diinginkan untuk interpolasi (Pramono, 2008). Penerapan metode IDW pertama kali dikemukakan oleh Shepard (1968) pada persamaan sebagai berikut.

$$Z_0 = \sum_{i=1}^{n} W_i Z_i \quad \text{…….....……(1)}$$

Dalam hal ini:

$$W_i = \frac{\left[\frac{1}{d_i}\right]^p}{\sum_{j=1}^{n}\left[\frac{1}{d_j}\right]^p} \quad \text{…….....……(2)}$$

Dengan syarat:

$$\sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \, , p > 1 \quad \text{…….....……(3)}$$

Keterangan:

Z_0 = Nilai Diduga
Z = Nilai Penduga
W = Nilai Pembobotan
i dan j = Nomor Titik Sampel
n = Jumlah Titik Sampel
p = Parameter Kekuatan
d = Jarak Antara Titik Pengamatan dengan Titik yang Diduga

2.7.4 Uji Akurasi *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE atau kesalahan akar rata-rata kuadrat merupakan ukuran yang menunjukkan tingkat kesalahan dari hasil prediksi, di mana semakin kecil nilai RMSE (kurang dari satu), maka prediksi tersebut dianggap semakin akurat. RMSE telah menjadi standar metrik statistik untuk mengevaluasi kinerja model dalam berbagai bidang penelitian seperti meteorologi, kualitas udara, dan studi iklim (Chai dan Draxler, 2014). Perhitungan nilai RMSE dapat dilakukan menggunakan Persamaan 4 yang dikemukakan oleh Gauss, Bertrand, dan Trotter (1957) sebagai berikut.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum\left(Z - \hat{Z}\right)^2} \quad \text{…....……(4)}$$

Keterangan:

$\sum(Z - \hat{Z})$ = Jumlah Total dari Selisih antara Nilai Aktual dan Nilai Prediksi
N = Banyaknya Data
Z = Nilai Hasil Pengukuran Aktual
$\hat{Z}$ = Nilai Prediksi

Dalam perhitungan uji akurasi, semua angka dikalikan 100 untuk menyamakan besaran nilai. Hal ini dilakukan agar hasil perhitungan RMSE sesuai dengan ambang batas yang diinginkan, yaitu kurang dari 1. Dengan menyamakan besaran nilai pada proses uji akurasi, maka hasil akurasi akan menjadi lebih konsisten dan sesuai dengan standar yang diinginkan.

2.7.5 Uji Korelasi *Pearson Product Moment*

Korelasi adalah suatu analisis statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara dua variabel atau lebih. Korelasi positif menunjukkan bahwa dua variabel bergerak searah, artinya jika salah satu variabel naik, maka variabel lainnya juga cenderung naik. Di sisi lain, korelasi negatif menunjukkan hubungan terbalik antara dua variabel, di mana jika salah satu variabel naik, maka variabel lainnya cenderung turun (Hasan, 2001).

Menurut Sarwono (2009), rentang nilai korelasi berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan antara dua variabel. Rentang tingkat korelasi direpresentasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rentang Tingkat Korelasi

Korelasi (R)	Tingkat Hubungan
<0,20	Sangat Rendah (Hubungan Hampir Diabaikan)
0,20 – 0,40	Rendah (Hubungan yang Pasti Tetapi Kecil)
0,40 – 0,70	Sedang (Hubungan Substansional)
0,70 – 0,90	Kuat (Hubungan Ditandai)
0,90 – 1,00	Sangat Kuat (Hubungan Sangat Diandalkan)

Sumber: Sarwono, 2009

Metode korelasi *product moment pearson* merupakan salah satu cara untuk mengukur korelasi antara dua variabel berskala interval. Metode ini digunakan untuk menentukan keberadaan dan kekuatan hubungan antara variabel X dan variabel Y, serta menyatakan seberapa besar pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya dalam persentase (Usman dan Akbar, 2011). Korelasi *product moment pearson* dapat dijabarkan oleh Pearson (1900) dalam Persamaan 5 sebagai berikut.

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{(N\sum x^2) - (\sum x)^2\}\{(N\sum y^2) - (\sum y)^2\}}} \text{.....(5)}$$

Keterangan:

r_{xy} = Koefisien Korelasi Antara Variabel X dan Y
$\sum x$ = Jumlah Keseluruhan Nilai Variabel X
$\sum y$ = Jumlah Keseluruhan Nilai Variabel Y
$\sum xy$ = Jumlah Total Hasil Perkalian Antara Variabel X dan Y
$\sum x^2$ = Jumlah Keseluruhan Nilai Variabel X yang Dikuadratkan
$\sum y^2$ = Jumlah Keseluruhan Nilai Variabel Y yang Dikuadratkan
N = Banyaknya Data
x = Nilai Variabel 1
y = Nilai Variabel 2

2.7.6 Uji Regresi Linier Tunggal

Regresi linear adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara dua variabel atau lebih, dengan menggunakan satu variabel sebagai variabel independen dan variabel lainnya sebagai variabel dependen. Hubungan antara kedua variabel ini diwakili oleh garis lurus yang menggambarkan korelasi di antara mereka. Dalam regresi linear, terdapat dua jenis variabel, yaitu variabel pemberi pengaruh dan variabel terpengaruh. Variabel pemberi pengaruh berperan sebagai penyebab, sedangkan variabel terpengaruh merupakan hasil dari variabel pemberi pengaruh (Susanto dan Suryadi, 2010).

Analisis regresi linear tunggal merupakan teknik statistik yang digunakan untuk menguji apakah satu atau lebih variabel independen (X) mempengaruhi variabel dependen (Y). Dengan menggunakan analisis regresi tunggal, kita dapat memprediksi seberapa besar perubahan nilai variabel dependen ketika satu atau lebih variabel independen mengalami manipulasi atau perubahan (Purwanto, 2011). Perhitungan persamaan umum regresi linier tunggal dapat dinyatakan pada Persamaan 6 oleh Galton (1989).

$$Y = a + b_1X_1$$

$$Y = a + b_2X_2 \text{ …….……(6)}$$

Keterangan:

Y = Variabel Terikat
X_1 = Variabel Bebas Pertama
X_2 = Variabel Bebas Kedua
a = Konstanta (Nilai Y Apabila X_1 X_2,....Xn = 0)
b_1 = Koefisien Regresi Variabel Bebas Pertama
b_2 = Koefisien Regresi Variabel Bebas Kedua

2.7.7 Uji Determinasi

Uji determinasi merupakan metode perhitungan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen. Uji determinasi menghasilkan nilai R^2 (R *square*) yang dinyatakan dalam persen (Sugiyono, 2013). Dalam konteks regresi, R^2 atau koefisien determinasi adalah ukuran penting yang menunjukkan seberapa dekat garis regresi yang terestimasi dengan data sesungguhnya. Nilai R^2 ini berkisar antara 0 hingga 1 dan mengindikasikan seberapa baik persamaan regresi yang terestimasi. Jika R^2 sama dengan 0, artinya variabel independen tidak menjelaskan variasi dalam variabel dependen sama sekali. Sebaliknya, jika R^2 sama dengan 1, artinya seluruh variasi dalam variabel terikat dapat dijelaskan oleh variabel bebas (Gujarati dan Porter, 2012). Adapun tingkatan interval nilai determinasi dirincikan dalam penelitian Hair, Black, dan Babin (2010) yang ditampilkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Tingkat Interval Nilai Determinasi

Interval Nilai Determinasi (r^2)	**Kategori**
0,75 sampai dengan 1,00	Kuat
0,50 sampai dengan < 0,75	Moderat
0,25 sampai dengan <0,50	Lemah
<0,25	Sangat Lemah

Sumber: Hair, Black, dan Babin, 2010

Dalam penelitian, Ghozali (2013) menjelaskan bahwa jika R^2 bernilai 0,6, berarti 60% variasi variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabel independen, sementara 40% sisanya dijelaskan oleh faktor lain di luar variabel independen (komponen error). Wright (1921) menyatakan bahwa uji determinasi dapat diterapkan melalui Persamaan 7 sebagai berikut.

$$Kd = R^2 \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

Kd = Koefisien determinasi

R^2 = Koefisien korelasi

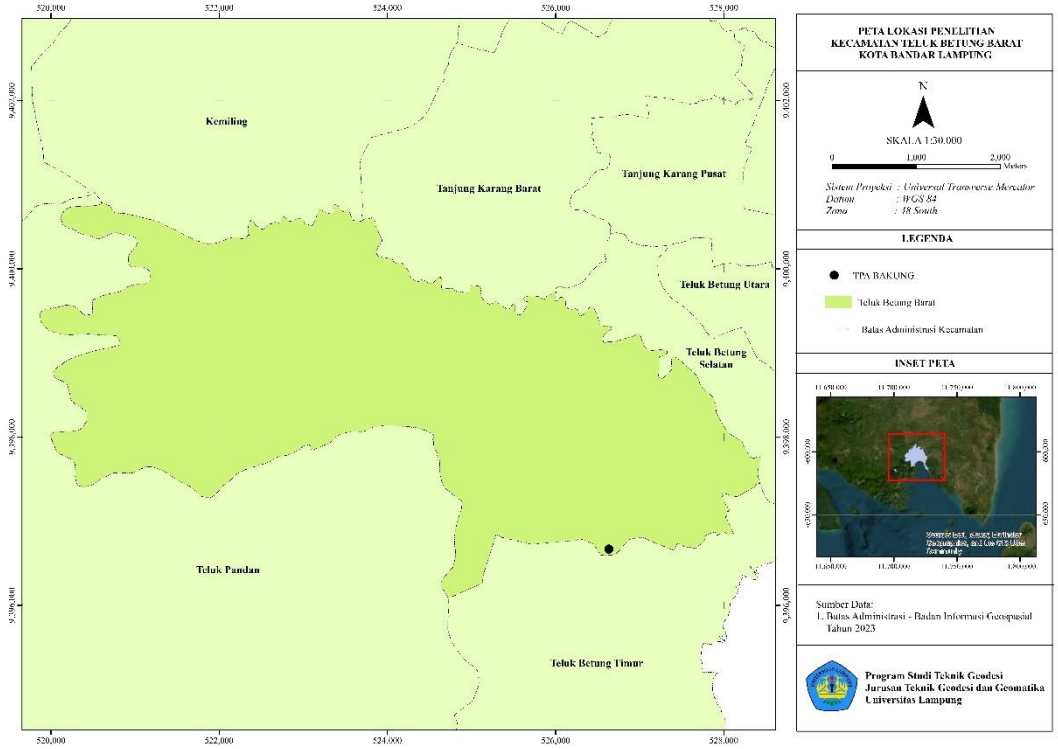
Dalam hal ini, kriteria untuk analisis koefisien determinasi diantara sebagai berikut:

1) Jika Kd mendeteksi nol (0), maka pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen lemah.
2) Jika Kd mendeteksi satu (1), maka pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen kuat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung dengan luas wilayah sekitar 18,26 km^2. Lokasi penelitian terletak pada kawasan padat penduduk yaitu Ibukota Provinsi Lampung. Lokasi penelitian divisualisasikan melalui peta pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Adapun beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

3.2.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laptop ASUS Tipe K46CB dengan Sistem Operasi *Microsoft Windows 10 Pro 64-bit*, RAM 4 GB, dan *Processor Intell Corel* i3-3217U.

3.2.2 Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak sebagai penunjang pelaksanaan penelitian diantaranya *platform Google Earth Engine* sebagai pengolahan citra Sentinel-5P berbasis awan. Perangkat lunak pengolah data spasial digunakan untuk melakukan *layout* dan interpolasi pada data kecepatan angin dan temperatur udara. Terakhir, proses analisis korelasi dan regresi dilakukan pada *Microsoft Office Excel* 2016.

3.3 Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa data sebagai penunjang pelaksanaan penelitian yang diuraikan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Data Penelitian

No	Data	Jenis	Sumber Data	Penggunaan
1.	Citra Sentinel-5P *Level-3* CO Tahun 2020 dan 2023	Raster	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S5P_OFFL_L3_CO	Untuk mengidentifikasi nilai kadar emisi karbon monoksida.
2.	Batas Administrasi Kota Bandar Lampung Tahun 2023	Vektor	https://tanahair.indonesia.go.id	Sebagai data yang digunakan untuk pemotongan citra sesuai dengan wilayah penelitian.

No	Data	Jenis	Sumber Data	Penggunaan
3.	Data Temperatur Udara Rata-Rata Tahun 2020 dan 2023	Tabel	https://dataonline.bmkg.go.id/akses_data	Sebagai data variabel independen (X_1) dalam uji korelasi dan regresi untuk melihat pengaruhnya terhadap dispersi karbon monoksida.
4.	Data Rata-Rata Kecepatan Angin Tahun 2020 dan 2023	Tabel	https://dataonline.bmkg.go.id/akses_data	Sebagai data variabel independen (X_2) dalam uji korelasi dan regresi untuk melihat pengaruhnya terhadap dispersi karbon monoksida.
5.	Data Nilai Karbon Monoksida Aktual Tahun 2020 dan 2023	Tabel	https://jstnbraaten.users/view/tropomi-explorer	Sebagai data pembanding dalam pelaksanaan uji akurasi.

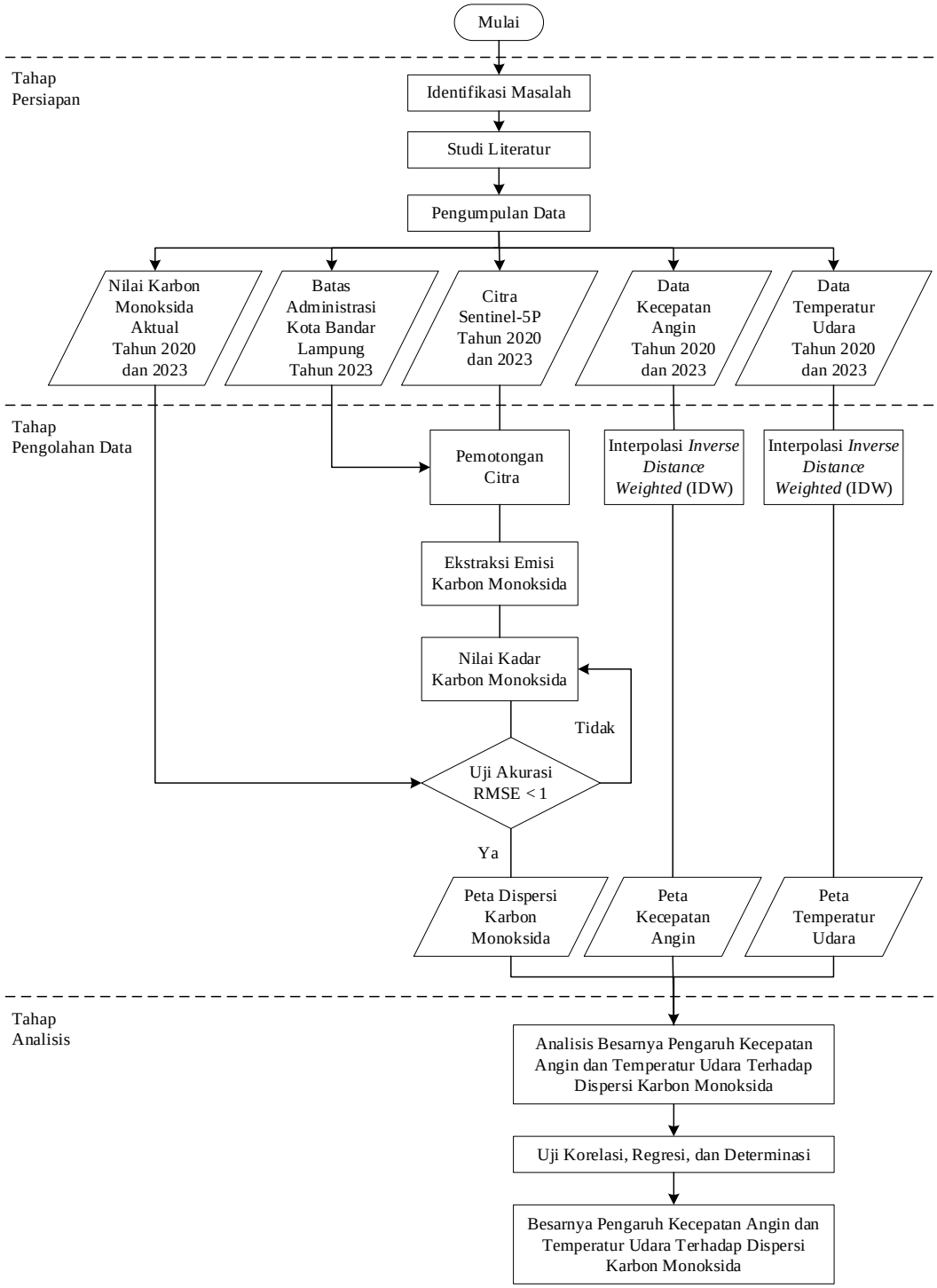
Sentinel-5P memiliki fokus pada pemantauan konsentrasi gas di atmosfer sehingga cocok untuk digunakan sebagai pendeteksi polusi, lapisan ozon, iklim kualitas udara. Citra ini memiliki resolusi spasial sebesar 1.113,2 m. Pada penelitian ini, citra Sentinel-5P yang digunakan adalah tipe sebaran gas karbon monoksida dengan karakteristik diuraikan pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Karakteristik Sentinel-5P

Nama	Satuan	Minimal	Maksimal	Keterangan
CO_column_number_density	mol/m^2	-34.43	5.71	Kepadatan kolom CO terintegrasi secara vertikal
H2O_column_number_density	mol/m^2	-2.19E+07	78420	Kolom uap air
cloud_height	m	-7516	5000	Ketinggian lapisan hamburan
sensor_altitude	m	828542	856078	Ketinggian satelit terhadap titik sub-satelit geodetik (WGS84)
sensor_azimuth_angle	derajat	-180	180	Sudut azimuth satelit pada lokasi piksel tanah (WGS84)
sensor_zenith_angle	derajat	1	66	Sudut puncak satelit pada lokasi piksel bumi (WGS84)
solar_azimuth_angle	derajat	-180	180	Sudut azimuth matahari pada lokasi piksel bumi (WGS84)
solar_zenith_angle	derajat	9	80	Sudut puncak satelit pada lokasi piksel bumi (WGS84)

3.4 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan prosedur sesuai dengan diagram alir pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.5 Tahapan Pengerjaan

Adapun tahapan pengerjaan penelitian ini sebagai berikut:

3.5.1 Tahapan Persiapan

Dalam melaksanakan penelitian ini terdapat beberapa tahapan persiapan diantaranya adalah:

a) Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, dilakukan analisis mengenai fenomena di Kota Bandar Lampung yang menimbulkan efek besar bagi masyarakat seperti kejadian kebakaran di TPA Bakung pada tanggal 13 hingga 20 Oktober Tahun 2023. Munculnya situasi ini berdampak signifikan terhadap kualitas udara di sekitar area kebakaran sehingga menimbulkan permasalahan yaitu bagaimana dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat pada periode sebelum dan saat terjadi kebakaran serta pengaruh kecepatan angin dan temperatur udara terhadap dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung pada tahun 2020 dan 2023.

b) Studi Literatur

Tahap studi literatur melibatkan penulis dalam mengumpulkan informasi dari berbagai sumber terkait dengan penelitian sejenis seperti jurnal, buku, dan sumber lainnya baik dari tingkat nasional maupun internasional. Informasi tersebut kemudian akan dikaji baik dari segi kesamaan area penelitian, data, atau metode yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya.

c) Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data melibatkan berbagai jenis data yang diambil dari sumber-sumber yang berbeda. Data citra Sentinel-5P dapat diakses secara gratis melalui *Earth Engine Data Catalog*. Data vektor yang mencakup batas administrasi Kota Bandar Lampung diperoleh dari laman Ina-

Geoportal serta untuk data temperatur rata-rata harian dan data rata-rata kecepatan angin tersedia secara daring oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Periode penelitian ialah sebelum terjadinya kebakaran pada Bulan Oktober Tahun 2020 dan saat terjadinya kebakaran pada tanggal 13 sampai dengan 20 Oktober Tahun 2023.

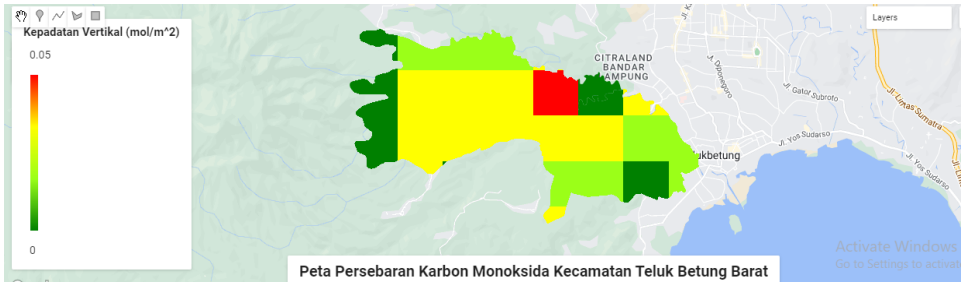
3.5.2 Tahapan Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Pada tahapan ini diperlukan beberapa langkah pengolahan yang perlu dilakukan sebagai berikut:

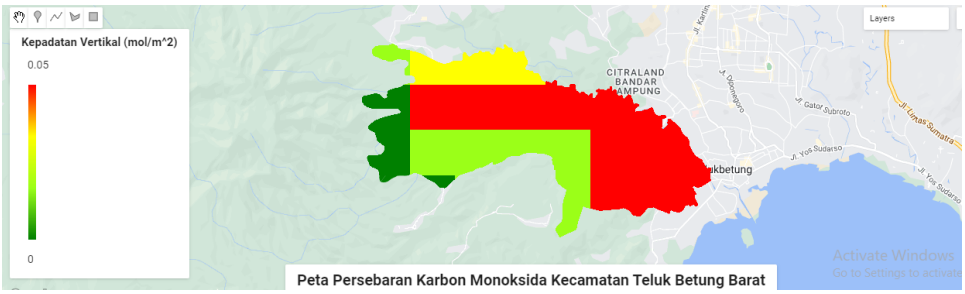
a) Tahap Pengolahan Citra Sentinel-5P

Citra Sentinel-5P yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis tipe sebaran kepadatan kolom troposfer gas karbon monoksida. Proses pengolahan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Google Earth Engine* berbasis pemrograman yang diperoleh dari *Earth Engine Data Catalog.* Citra Sentinel-5P level 3 yang digunakan dalam pengolahan sudah terkalibrasi radiometrik dan terkoreksi secara geometrik sehingga berkorelasi dengan hasil pengukuran lapangan *(ground-based measurements).* Kesalahan pergeseran atau panjang gelombang yang mungkin dihasilkan oleh Sentinel-5P *level 3* hanya sebesar 0,015 nm (Sha dkk., 2021).

Pengolahan data dilakukan pada sebelum terjadinya kebakaran yaitu tahun 2020 dan saat terjadinya kebakaran pada tahun 2023. *Band* pada citra ini memiliki rentang nilai antara 0 hingga 0,05 mol/m^2 dengan visualisasi warna dari terendah ke tertinggi yaitu hijau tua, hijau, kuning, dan merah. Resolusi dari citra ini sebesar 1.113,2 m. Hasil pengolahan akan dipotong sesuai dengan batas administrasi wilayah penelitian. Citra yang dihasilkan akan tersimpan dalam *google drive* pengguna dan dapat diunduh untuk melanjutkan pengolahan menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial terkait penyusun *layout* peta sesuai dengan prinsip-prinsip kartografi. Visualisasi proses pengolahan disajikan pada Gambar 3.



(a)

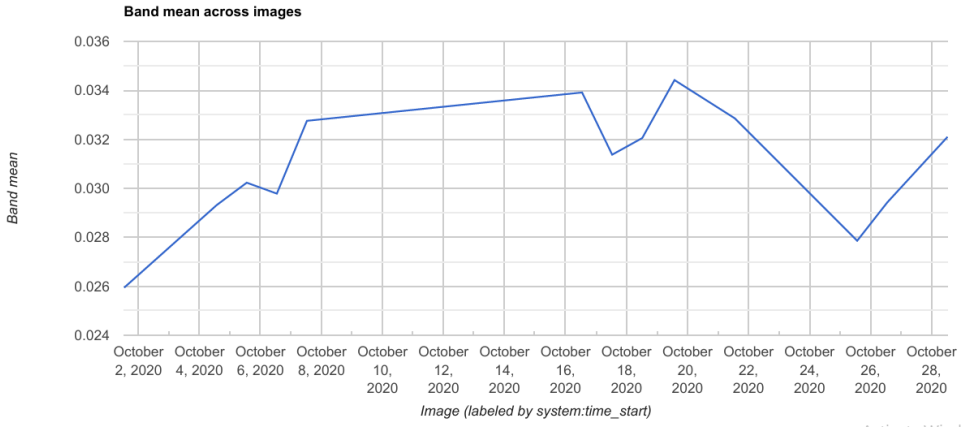


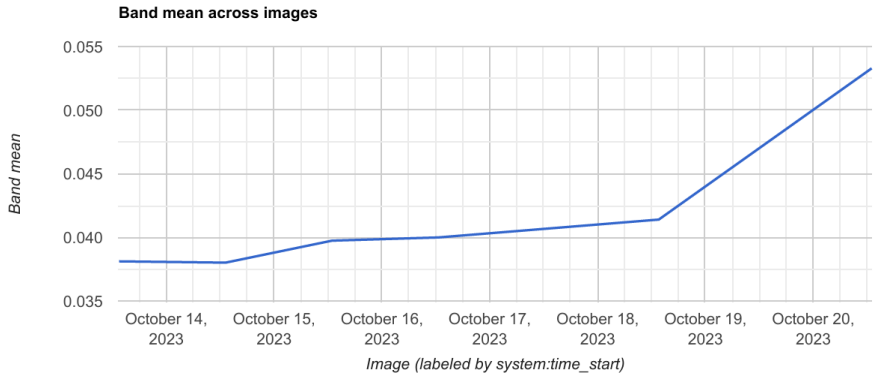
(b)

Gambar 3. Proses Pengolahan Pada *Platform* GEE

(a) Tahun 2020 dan (b) Tahun 2023

Kepadatan kolom gas karbon monoksida pada citra dihitung menggunakan fungsi *Reducer.mean* untuk memperoleh rata-rata nilai pantulan untuk setiap kelas pada setiap *band*. Citra Sentinel-5P yang telah diolah akan menunjukkan nilai kepadatan kolom gas karbon monoksida yang disesuaikan dengan rata-rata nilai pantulan untuk setiap kelas pada setiap *band* dan divisualisasikan sesuai dengan kategori warna seperti pada Gambar 3. Selain itu, tersaji grafik dan nilai harian karbon monoksida pada Gambar 4 yang akan digunakan untuk analisis, uji korelasi, dan regresi.





Gambar 4. Grafik Nilai Harian Karbon Monoksida Pada *Platform* GEE

Representasi *script* pemrograman yang diterapkan dalam penelitian ini dapat terlihat secara detail pada Gambar 5.

```
//Menampilkan Citra Satelit Sentinel-5P CO
var sebelum_kebakaran = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_CO")
                                .select('CO_column_number_density')
                                .filterDate('2020-10-01', '2020-10-31')
                                .filterBounds(ROI)

var saat_kebakaran = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_CO")
                            .select('CO_column_number_density')
                            .filterDate('2023-10-13', '2023-10-20')
                            .filterBounds(ROI)

//Menampilkan Jumlah Citra
print(sebelum_kebakaran.size())
print(saat_kebakaran.size())

//Merata-ratakan Nilai Karbon dan Memotong Sesuai Area Penelitian
var average_sebelum = sebelum_kebakaran.reduce(ee.Reducer.mean())
                              .clip(ROI)

var average_saat = saat_kebakaran.reduce(ee.Reducer.mean())
                          .clip(ROI)

//Menampilkan Band
var band_viz = {
  min: 0,
  max: 0.05,
  palette: ['#008000','#9bff18','#FFFF00','FF0000']
};

//Visualisasi
var sebelumkebakaran = average_sebelum
.where(average_sebelum.gt(0.03063228).and(average_sebelum.lte(0.030963545)),1)
.where(average_sebelum.gt(0.030963545).and(average_sebelum.lte(0.031144952)),2)
.where(average_sebelum.gt(0.031144952).and(average_sebelum.lte(0.031357908)),3)
.where(average_sebelum.gt(0.031357908).and(average_sebelum.lte(0.031637906)),4)
print(sebelumkebakaran, 'sebelum kebakaran')
```

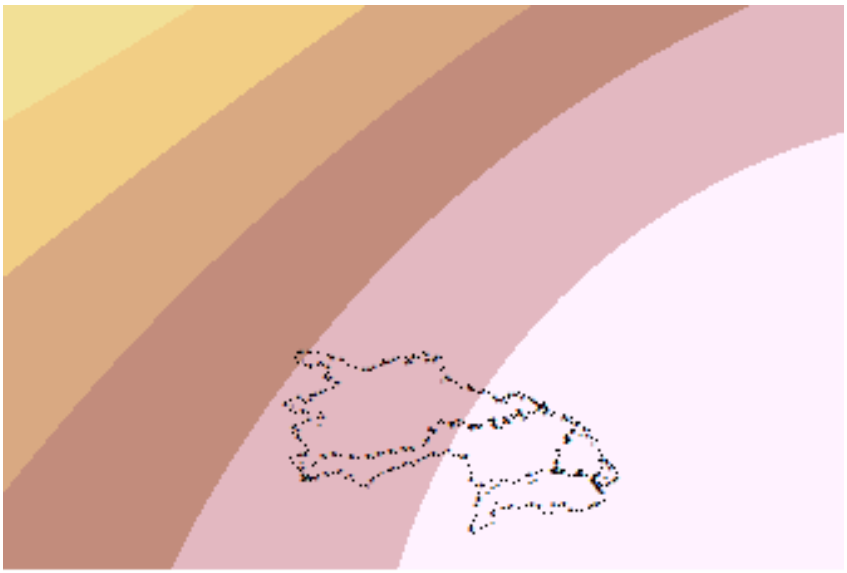
```
var saatkebakaran = average_saat
.where(average_saat.gt(0.037996166).and(average_saat.lte(0.038226466)),1)
.where(average_saat.gt(0.038226466).and(average_saat.lte(0.038971479)),2)
.where(average_saat.gt(0.038971479).and(average_saat.lte(0.039334869)),3)
.where(average_saat.gt(0.039334869).and(average_saat.lte(0.054076764)),4)
print(saatkebakaran, 'saat kebakaran')

//Menampilkan Citra Persebaran Karbon Monoksida Rata-Rata
Map.addLayer(sebelumkebakaran,{min:1,max:4,
palette:['#008000','#9bff18','#FFFF00','FF0000']},'sebelum kebakaran')

Map.addLayer(saatkebakaran,{min:1,max:4,
palette:['#008000','#9bff18','#FFFF00','FF0000']},'saat kebakaran')

//Titik Fokus Penelitian
Map.centerObject(ROI,12)

//Menampilkan Grafik Nilai Persebaran Karbon Monoksida
var grafik_sebelum = ui.Chart.image.series({
  imageCollection:sebelum_kebakaran,
  region:ROI,
  reducer:ee.Reducer.mean(),
  scale:1113.2,
  xProperty:'system:time_start'})

print(grafik_sebelum)

var grafik_saat = ui.Chart.image.series({
  imageCollection:saat_kebakaran,
  region:ROI,
  reducer:ee.Reducer.mean(),
  scale:1113.2,
  xProperty:'system:time_start'})

print(grafik_saat)

//Export Citra Kedalam Drive
Export.image.toDrive({
  image:average_sebelum,
  description:'co_sebelum' ,
  folder: 'TUGASAKHIR' ,
  region:ROI,
  scale:1113.2
})

Export.image.toDrive({
  image:average_saat,
  description:'co_saat' ,
  folder: 'TUGASAKHIR' ,
  region:ROI,
  scale:1113.2
})
```

Gambar 5. *Script* Pemrograman Penelitian

b) Tahap Pengolahan Data Temperatur Rata-Rata

Data temperatur rata-rata yang diperlukan dalam pengolahan data ini diambil dari dua stasiun yaitu Stasiun Meteorologi Maritim Panjang dan Stasiun Meteorologi Radin Inten II yang tersedia secara daring oleh BMKG. Periode pengolahan dilakukan sebelum dan saat terjadi kebakaran. Metode yang digunakan adalah interpolasi spasial di titik stasiun untuk menggambarkan temperatur rata-rata di wilayah yang tidak tercakup oleh stasiun pemantau. Titik koordinat stasiun pemantau akan di *ploting* beserta nilai temperatur rata-rata dalam tabel atribut.

Interpolasi dilakukan menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) yang mempertimbangkan jarak sebagai faktor bobot. Nilai interpolasi yang dihasilkan akan cenderung lebih mendekati nilai data sampel yang berposisi dekat dibandingkan dengan yang berjarak jauh. Metode ini memberikan bobot lebih besar pada titik yang berjarak lebih dekat. Proses interpolasi IDW dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial yang hasilnya kemudian disesuaikan dengan batas administrasi wilayah penelitian dan disusun dalam *layout* sesuai dengan prinsip kartografi. Adapun proses interpolasi divisualisasikan pada Gambar 6 sebagai berikut.

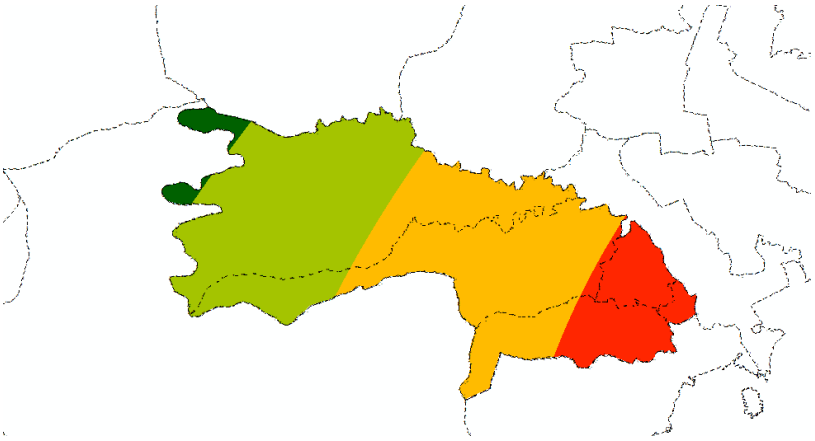


Gambar 6. Proses Interpolasi

c) Tahap Pengolahan Data Rata-rata Kecepatan Angin

Pada tahap ini, pengolahan data menerapkan metode interpolasi IDW pada setiap masing-masing data. Informasi rata-rata kecepatan angin dari Stasiun Meteorologi Maritim Panjang dan Stasiun Meteorologi Radin Inten II yang diperoleh secara daring pada laman BMKG. Periode pengolahan dilakukan sebelum dan saat terjadi kebakaran. Interpolasi spasial diterapkan pada titik di stasiun tersebut untuk menggambarkan nilai kecepatan di area yang tidak tercakup oleh stasiun pengamatan. Jarak antara TPA Bakung dan Stasiun Meteorologi Maritim Panjang adalah sekitar 7,8 km, sedangkan jarak antara TPA Bakung ke Stasiun Meteorologi Radin Inten II sekitar 25 km. Perhitungan jarak dilakukan melalui *platform google earth.*

Metode ini memperhitungkan jarak antar titik dimana semakin dekat jarak antar titik, semakin akurat hasil interpolasi di antara titik-titik tersebut. Hasil interpolasi tersebut akan menggambarkan variasi kecepatan angin pada wilayah penelitian sesuai dengan nilai yang dihasilkan. Seluruh proses pengolahan ini dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data spasial dan disesuaikan dengan batas administrasi wilayah penelitian dan disusun dalam *layout* sesuai dengan prinsip-prinsip kartografi seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemotongan Data Interpolasi Berdasarkan Batas Administrasi

d) Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan persamaan RMSE dengan membandingkan nilai karbon monoksida dari Sentinel-5P dengan data karbon monoksida *near real time* atau mendekati waktu sebenarnya dari TROPOMI *Explorer*. Dalam perhitungan uji akurasi, semua angka dikalikan 100 untuk menyamakan besaran nilai. Hal ini dilakukan agar hasil perhitungan RMSE sesuai dengan ambang batas yang diinginkan, yaitu kurang dari 1. Hasil nilai RMSE menunjukkan seberapa besar akurasi nilai karbon yang dihasilkan. Jika nilai RMSE yang dihasilkan kurang dari satu, maka estimasi nilai karbon monoksida dapat dikatakan baik.

e) Uji Korelasi, Regresi, dan Determinasi

Perhitungan uji dilakukan dengan menerapkan persamaan korelasi, regresi, dan determinasi yang tersedia pada fitur *Microsoft Office Excel* 2016. Pada uji korelasi, hubungan antara variabel akan diukur seberapa kuatnya. Dalam hal ini, X_1 dan X_2 berperan sebagai variabel bebas dengan Y sebagai variabel terikat. Nilai kecepatan angin berperan sebagai X_1, data temperatur udara rata-rata sebagai X_2, dan nilai karbon dioksida sebagai Y. Nantinya, tahap ini akan menghasilkan dua nilai koefisien korelasi yang merepresentasikan tingkat kekuatan hubungan antara persebaran karbon dioksida dengan kecepatan angin serta hubungan persebaran karbon dioksida dengan temperatur udara rata-rata wilayah penelitian.

Setelah mendapatkan nilai koefisien korelasi antara variabel, dilakukan regresi linear untuk mengetahui pengaruh antara kedua variabel tersebut. Pada tahapan analisis regresi, nilai karbon dioksida akan menjadi variabel dependen (Y), data kecepatan angin akan menjadi variabel independen (X_1) dan nilai temperatur udara rata-rata akan menjadi variabel independen (X_2). Analisis regresi yang digunakan adalah linier tunggal. Visualisasi hasil uji regresi dapat dinilai melalui *scatter* plot. Plot tersebut akan menggambarkan sebaran data dan besarnya pengaruh antara sumbu x dengan sumbu y. *Scatter* plot akan membentuk garis lurus sehingga menunjukkan adanya arah hubungan yang linier.

Persamaan regresi dapat diukur baik atau tidaknya melalui uji determinasi. Uji ini mencerminkan seberapa besar kemampuan variabel independen dapat menjelaskan variabel dependen. Jika hasil uji determinasi semakin mendekati satu maka estimasi persamaan dapat dikatakan baik. Dalam hal ini, apabila ditemukan korelasi positif dan signifikan antara masing-masing variabel, maka dapat disimpulkan bahwa temperatur atau kecepatan angin memiliki pengaruh positif terhadap distribusi nilai karbon dioksida.

3.5.3 Tahapan Akhir

Tahapan akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan akhir berdasarkan seluruh proses yang telah dilakukan. Laporan tersebut tersusun dari beberapa bagian seperti pendahuluan yang mencakup latar belakang penelitian, tujuan, dan hipotesis awal. Tinjauan pustaka terdiri dari literatur dan penelitian terdahulu dengan kesamaan lokasi, metode atau penggunaan data dengan penelitian yang relevan dengan lokasi, metode, atau data yang digunakan dalam penelitian, serta landasan konseptual yang mencakup teori-teori terkait dengan bahan dan metode penelitian.

Pada bagian metodologi penelitian, metode serta tahapan penelitian yang telah terlaksana dijelaskan secara mendetail. Hasil dan pembahasan tersusun dari hasil pengolahan data hingga tahap analisis dan pembahasan hasil penelitian. Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan simpulan dari pelaksanaan penelitian dan saran yang dapat digunakan untuk penelitian sejenis kedepannya. Bagian daftar pustaka mencantumkan penelitian dan literatur terdahulu yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian dan penyusunan laporan akhir.

V. PENUTUP

5.1 Simpulan

1. Sebelum kebakaran, dispersi karbon monoksida di Kecamatan Teluk Betung Barat menunjukkan rata-rata konsentrasi sebesar 0,031 mol/m², dengan nilai tertinggi 0,034 mol/m² dan terendah 0,026 mol/m². Selama kebakaran, konsentrasi karbon monoksida meningkat signifikan dengan rata-rata 0,042 mol/m², nilai tertinggi 0,053 mol/m², dan terendah 0,038 mol/m². Kelurahan Batu Putuk dan Kelurahan Sukarame II menjadi kelurahan dengan nilai karbon monoksida tertinggi dibandingkan dengan lokasi terjadinya kebakaran, Kelurahan Bakung. Hal ini disebabkan oleh kondisi temperatur di Kelurahan Sukarame II yang tinggi yaitu 30,2 sampai dengan 30,5 °C dengan kecepatan angin yang hanya berkisar antara 2,8 hingga 2,93 m/s. Sedangkan, kondisi kecepatan angin di Kelurahan Bakung berkisar hingga 2,93 hingga 3 m/s. Oleh karena itu, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat faktor lain seperti kondisi meteorologi yang dapat mempengaruhi dispersi karbon monoksida di suatu wilayah.
2. Berdasarkan hasil dan analisis penelitian, disimpulkan bahwa dispersi karbon monoksida dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kecepatan angin dan temperatur udara. Analisis antara kecepatan angin dan dispersi karbon monoksida menunjukkan bahwa tingginya kondisi kecepatan angin dapat mempengaruhi penyebaran karbon monoksida sebesar 70,4%, sementara 29,6% lainnya dipengaruhi faktor lain yang tidak diteliti. Pengaruh antara variabel termasuk kedalam kategori moderat. Persamaan regresi linier yang diperoleh adalah y = -0,0028x + 0,0476 menunjukkan adanya hubungan terbalik antara variabel yaitu peningkatan kecepatan angin akan diikuti dengan penurunan konsentrasi karbon

monoksida. Pengaruh antara temperatur udara dengan dispersi karbon monoksida berada pada kategori kuat, mengindikasikan bahwa peningkatan suhu akan mempengaruhi distribusi karbon monoksida sebesar 79,1%, sementara 20,9% lainnya tidak teridentifikasi dalam penelitian ini. Hubungan antara kedua variabel ditandai dengan persamaan regresi linier y = 0,0046x - 0,1005 menunjukkan bahwa tingginya temperatur udara akan meningkatkan dispersi karbon monoksida di wilayah tersebut.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, beberapan saran yang dapat dipertimbangan untuk kemajuan penelitian selanjutnya diantaranya sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut yang fokus pada jenis-jenis pencemar udara lainnya untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas udara dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.
2. Dalam pelaksanaan penelitian lebih lanjut disarankan untuk menggunakan variabel yang berbeda di luar dari variabel yang digunakan dalam penelitian ini.
3. Pada area dengan persebaran karbon monoksida yang tinggi sebaiknya perlu dilakukan monitoring secara intensif untuk mengidentifikasi perubahan kualitas udara secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, N. I. S. 2009. *Pengaruh lama paparan asap knalpot dengan kadar CO 1800 ppm terhadap gambaran histopatologi jantung pada tikus wistar*. Medical Faculty.

Arista, F., Saraswati, R., dan Wibowo, A. 2019. Pemodelan spasial distribusi karbon monoksida di Kota Bandung. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, *3*(1), 21–31. https://doi.org/10.7454/jglitrop.v3i1.62

Armijon, A. 2019. Analisis dan Identifikasi Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Non Alami di Perkotaan Kabupaten/Kota. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*, *23*(1), 483487.

Badan Pusat Statistik Kota Bandar Lampung. 2024. *Kota Bandar Lampung Dalam Angka 2024* (38 ed.). BPS Kota Bandar Lampung.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-3985-2000 tentang Tata Cara Perencanaan, Pemasangan dan Pengujian Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya*.

Budiwati, T., Budiyono, A., Setyawati, W., dan Indrawati, A. 2010. Analisis korelasi pearson untuk unsur-unsur kimia air hujan di Bandung. *Jurnal Sains Dirgantara*, *7*(2).

Butler, K. M., dan Mulholland, G. W. 2004. Generation and transport of smoke components. *Fire Technology*, *40*, 149–176. https://doi.org/10.1023/B:FIRE.0000016841.07530.64

Darjo, Suarna, I. W., dan Wijana, D. G. 2021. *Strategy for improving effectiveness of fire care society (MPA) in control of forest fire in Bali Province.*

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Bandar Lampung. 2015. Profil Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Bakung Kota Bandar Lampung.

Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan Kota Bandar Lampung. 2023. Berita OPD DAMKAR. Diambil 24 April 2024, dari Portal Berita Kota Bandar Lampung website: https://bandarlampungkota.go.id/

Galton, F. 1989. Kinship and correlation. *Statistical Science*, *4*(2), 81–86. https://doi.org/10.1214/ss/1177012581

Gauss, C. F., Bertrand, J., dan Trotter, H. F. 1957. *Gauss's Work (1803-1826) on the Theory of Least Squares*. Statistical Techniques Research Group, Section of Mathematical Statistics, Department of Mathematical [sic], Princeton University. Diambil dari https://books.google.co.id/books?id=-3ccGQAACAAJ

GEE Developer. 2024. Reducer Overview. Diambil 20 Juni 2024, dari Google Developers website: https://developers.google.com/earth-engine/guides/reducers_intro

Ghozali, I. 2013. Aplikasi analisis multivariate dengan program. *Edisi Ketujuh. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro*.

Giananti, A. S., Hanggadireksa, B., Rohman, M. F., Syahputra, R., dan Saputra, A. H. 2023. Analisis Variabilitas Emisi Karbon Monoksida Selama Penyelenggaraan MotoGP di Kabupaten Lombok Tengah. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi*, *2*(2), 71–77. https://doi.org/10.37905/geojpg.v2i2.23014

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., dan Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, *202*, 18–27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

Gujarati, D. N., dan Porter, D. C. 2012. Dasar-dasar ekonometrika. *Jakarta: Salemba Empat*, *1*.

Hadi, B. S. 2013. Metode interpolasi spasial dalam studi geografi (ulasan singkat dan contoh aplikasinya). *Geo Media: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, *11*(2).

Hair, J. F., Black, W. C., dan Babin, B. J. 2010. *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. Pearson Education. Diambil dari https://books.google.co.id/books?id=SLRPLgAACAAJ

Hasan, I. 2001. Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif). Jakarta: PT. Bumi Aksara 2005. *Pokok-pokok materi statistik*, *2*.

Indarto, I. 2013. Variabilitas Spasial Hujan Harian di Jawa Timur. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, *20*(2), 107–120. https://doi.org/10.5614/jts.2013.20.2.4

Lakitan, B. 2002. Dasar-dasar klimatologi. *PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta*.

Lee, K., dan Greenstone, M. 2021. Annual Update. *Air Quality Life Index*.

Magro, C., Nunes, L., Gonçalves, O. C., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., Rego, F. C., dan Vieira, P. 2021. Atmospheric trends of CO and CH4 from extreme wildfires in Portugal using Sentinel-5P TROPOMI level-2 data. *Fire*, *4*(2), 25. https://doi.org/10.3390/fire4020025

Mukono, H. J. 2011. *Aspek kesehatan pencemaran udara*. Airlangga University Press.

Nasution, A. I., dkk. 2020. Peran Kearifan Lokal Masyarakat Membuka Lahan dengan Cara Membakar sebagai Upaya Mencegah Kebakaran Hutan dan Lahan. *Jurnal Esensi Hukum*, *2*(1), 1–14.

Pearson, K. 1900. X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, *50*(302), 157–175. https://doi.org/10.1080/14786440009463897

Prayogo, L. M. 2021. Platform google earth engine untuk pemetaan suhu permukaan daratan dari data series modis. *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology*, *5*(1), 25–31. https://doi.org/10.25273/doubleclick.v5i1.8604

Purwanto, S. 2011. Statistika untuk Ekonomi dan Keuangan Modern Edisi 2. *Jakarta: Salemba Empat*.

Putra, B. H. R., dan Tisnawan, R. 2017. Analisis Kinerja Jalan Perkotaan Studi Kasus Ruas Jalan HR. Soebrantas KM3 Pekanbaru. *Racic: Rab Construction Research*, *2*(01), 180–188.

Rachmanto, T. A., dan Hidayat, S. W. 2022. Pengaruh Volume Lalu Lintas dan Faktor Meteorologi terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Udara Jalan Bypass Mojokerto. *Prosiding ESEC*, *3*(1), 149–155.

Rahmawati, F. 1999. Kualitas Udara di DKI Jakarta Tahun 1997. *Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia. Depok.*

Rarasati, A., dan Afgatiani, P. M. 2020. *Pemanfaatan Data Sentinel-5 Untuk Pemantauan Perubahan Kualitas Udara No2 Akibat Pandemi Covid-19 Di Jakarta*.

Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., dan Thom, S. R. 2000. Carbon monoxide poisoning—a public health perspective. *Toxicology*, *145*(1), 1–14. https://doi.org/10.1016/S0300-483X(99)00217-6

Rulian, N., Armijon, A., dan Murdapa, F. 2021. Analisa Hamburan Balik Citra Sentinel-1 Untuk Pemantauan Kelas Umur Tanaman Kelapa Sawit (Studi Kasus: PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Rejosari, Natar, Kabupaten Lampung Selatan). *DATUM Journal of Geodesy and Geomatics*, *1*(02), 55–66.

Sarwono, J. 2009. Statistik itu mudah: panduan lengkap untuk belajar komputasi statistik menggunakan SPSS 16. *Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.

Shepard, D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference*, 517–524. https://doi.org/10.1145/800186.810616

Sugiyono, D. 2013. *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan RdanD*.

Suhardono, S., Septiariva, I. Y., Rachmawati, S., Matin, H. H. A., Qona'ah, N., Nirwana, B., … Prayogo, W. 2023. Changes in the Distribution of Air Pollutants (Carbon Monoxide) during the Control of the COVID-19 Pandemic in Jakarta, Surabaya, and Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, *24*(4). https://doi.org/10.12911/22998993/159508

Suryani, A. S. 2010. Studi Beban emisi Pencemaran Udara Karbonmonoksida Dari Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta. *Jurnal Aspirasi*, *1*(1), 75–102.

Susanto, A. D., Nawas, A., Samoedro, E., Zain, J., Yunus, F., Fitriani, F., … Ginanjar, A. 2019. *Pencegahan dan Penanganan Dampak Kesehatan Akibat Asap Kebakaran Hutan*. Jakarta: Penerbit Uniersitas Indonesia (UI-Press).

Susanto, S., dan Suryadi, D. (2010). *Pengantar data mining: mengagali pengetahuan dari bongkahan data*. Penerbit Andi.

Theys, N., De Smedt, I., Yu, H., Danckaert, T., van Gent, J., Hörmann, C., dkk. 2017. Sulfur dioxide retrievals from TROPOMI onboard Sentinel-5 Precursor: algorithm theoretical basis. *Atmospheric Measurement Techniques*, *10*(1), 119–153. https://doi.org/10.5194/amt-10-119-2017

Tridawati, A. 2023. Pemetaan Distribusi Hutan Mangrove Menggunakan Algoritma Machine Learning di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran. *Jurnal Tekno Insentif*, *16*(1).

Usman, H., dan Akbar, P. S. 2011. Pengantar Statistika (Jakarta: PT. *Bumi Aksara*.

Wardhana, W. A. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi). *Yogyakarta: Penerbit Andi*.

Wirosoedarmo, R., Suharto, B., dan Proborini, D. E. 2020. Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecepatan Angin Terhadap Karbon Monoksida di Terminal Arjosari. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, *7*(2), 57–64. https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.02.2

Wright, S. 1921. Correlation and causation. *Journal of agricultural research*, *20*(7), 557.

Yuliusman, Y. 2015. Pembuatan Karbon Aktif dari Batu Bara Termodifikasi Tio2 untuk Penyerap Karbon Monoksida. *Prosiding Semnastek*.