

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode Penelitian merupakan teknik dalam menelusuri atau menyelidiki suatu permasalahan dengan menggunakan cara kerja ilmiah secara cermat untuk mengumpulkan, mengolah, melakukan analisis data dan mengambil kesimpulan secara sistematis dan objektif guna memecahkan suatu masalah atau menguji hipotesis untuk memperoleh suatu pengetahuan yang berguna bagi kehidupan manusia (Abubakar M.A, 2021). Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian campuran (*mix method*) yang merupakan kombinasi antara metode kualitatif dan kuantitatif dalam pengumpulan data dan menjawab suatu rumusan masalah penelitian (Iskandar, dkk. 2021).

Penelitian *mix method* ini mengutamakan penginderaan jauh dan data yang dimiliki instansi sebagai dalam menghasilkan suatu informasi yang bermanfaat. Penginderaan jauh menjadi sumber data yang mudah didapatkan dan diolah dengan menggunakan *platform* komputasi atau *software* pengolahan. Sedangkan data yang dimiliki instansi sebagai data pendukung dalam membandingkan kualitas udara di Kabupaten Bandung. Dalam penelitian untuk mengetahui kualitas udara berdasarkan kandungan yang dapat terekam oleh satelit penginderaan jauh, pengolahan data dilakukan dengan teknik komputasi pada *web Google Earth Engine (GEE)*.

Google Earth Engine merupakan platform komputasi data spasial berbasis awan yang dikembangkan oleh perusahaan *Google*. *Google Earth Engine* dapat melakukan analisis data lingkungan dengan skala global. *Platform* komputasi *Google Earth Engine* ini digunakan untuk mendapatkan data satelit dan mengolah data tersebut hingga menjadi data sebaran konsentrasi polutan. Selain *platform* komputasi berbasis awan.

Dalam penelitian ini juga menggunakan perangkat lunak sistem informasi geografis untuk mengolah data dan melakukan visualisasi peta. Dalam penelitian

ini, perangkat lunak sistem informasi geografis yang digunakan adalah *ArcMap* 10.3. Selain menggunakan perangkat lunak dan *platform* untuk teknik pengolahan data, data sekunder juga dikumpulkan dari badan instansi yang bertanggung jawab atas kualitas udara.

Sedangkan data yang berasal instansi akan diolah dengan menggunakan perangkat sistem informasi geografi dengan memanfaatkan metode *interpolasi* agar mendapatkan informasi persebaran polusi udara pada kawasan industri. Penelitian ini berfokus dalam penentuan persebaran polusi udara dan menganalisis kualitas udara yang ada di lokasi penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persebaran polusi udara dan menganalisis kualitas udara di lokasi penelitian. Selain itu, penelitian ini juga fokus pada identifikasi perbandingan dan keakuratan pemodelan data kualitas udara dari penginderaan jauh dengan data sekunder yang dimiliki oleh instansi di lokasi penelitian. Perbandingan nilai dilakukan dengan uji akurasi yang bertujuan untuk menguji nilai hasil pemodelan yang dilakukan. Uji akurasi yang digunakan adalah *Root Mean Square Error (RMSE)* yang pada akhirnya nilai *RMSE* semakin kecil maka semakin mendekati nilai yang dimodelkan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

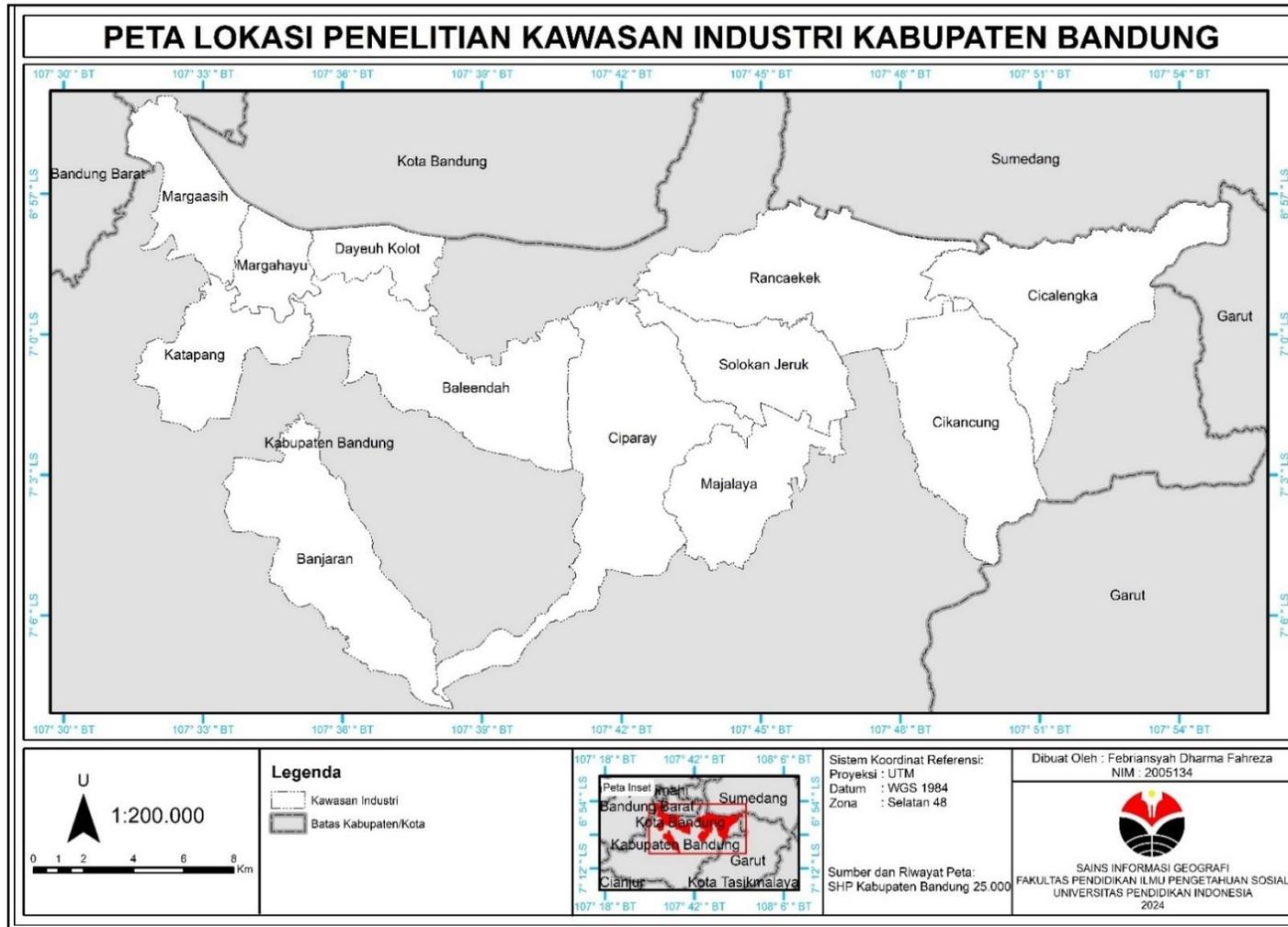
3.2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian persebaran kualitas udara ini dilakukan pada kawasan industri di Kabupaten Bandung. Kawasan industri ditentukan dengan melihat kecamatan yang relatif lebih banyak ditemukan industri yang menghasilkan polusi dibanding kecamatan lainnya. Kawasan industri tersebut mencakup Kecamatan Banjaran, Kecamatan Katapang, Kecamatan Margahayu, Kecamatan Margaasih, Kecamatan Baleendah, Kecamatan Ciparay, Kecamatan Dayeuhkolot, Kecamatan Majalaya, Kecamatan Cikancung, Kecamatan Solokanjeruk, Kecamatan Rancaekek dan Kecamatan Cicalengka. Kawasan tersebut berada di daerah yang berbatasan dengan kabupaten atau kota lainnya. Berdasarkan letak astronomis, Kabupaten Bandung berada di $107^{\circ}14'$

Bujur Timur - $107^{\circ}56'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}49'$ Lintang Selatan - $7^{\circ}18'$ Lintang Selatan. Sedangkan berdasarkan letak geografis nya, Kabupaten Bandung berbatasan dengan wilayah berikut:

- 1) Sebelah Utara : Kota Bandung dan Cimahi
- 2) Sebelah Selatan : Kabupaten Garut dan Kabupaten Cianjur
- 3) Sebelah Barat : Kabupaten Bandung Barat
- 4) Sebelah Timur : Kabupaten Garut dan Kabupaten Sumedang

Kabupaten Bandung merupakan wilayah administratif kabupaten yang memiliki jumlah kecamatan yang cukup banyak. Kabupaten Bandung terdiri atas 31 kecamatan, 10 kelurahan, dan 270 desa. Dalam penelitian yang mengidentifikasi kualitas udara ini dilakukan di Kawasan Industri yang terdiri dari 12 Kecamatan 109 Desa. Beberapa kecamatan yang termasuk ke dalam Kawasan Industri merupakan kawasan industri yang cukup padat sehingga memiliki potensi pencemaran udara lebih besar dibanding wilayah lainnya. beberapa kawasan industri tersebut yaitu Majalaya, Dayeuhkolot dan Rancaekek yang memiliki potensi industri yang besar. Berikut adalah peta lokasi penelitian yang dilakukan di beberapa kecamatan di Kabupaten Bandung.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

Febriansyah Dharma Fahreza, 2024

PEMANFAATAN CITRA SENTINEL 5P DALAM PEMODELAN INDEKS KUALITAS UDARA PADA KAWASAN INDUSTRI KABUPATEN BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.2.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu 11 Bulan yang dimulai pada Agustus 2023 hingga Juli 2024 dengan penjabaran waktu seperti berikut.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Tahap Penelitian	Waktu (Bulan) Penelitian					
	Agustus	Oktober	November	Desember	Januari	Februari
Pra Penelitian						
Penentuan tema penelitian						
Penentuan lokasi penelitian						
Pencarian sumber literatur						
Penelitian						
Pengumpulan data						
Pengolahan dan Penyajian data						
Uji akurasi						
Pasca Penelitian						
Penyusunan laporan						

3.3. Alat dan Bahan

Pada penelitian yang mengenai kualitas udara di Kabupaten Bandung memerlukan alat dan bahan yang digunakan dalam menghasilkan informasi. Berikut adalah alat dan bahan yang penulis gunakan dalam penelitian.

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah	Fungsi
1	<i>Laptop</i>	ASUS VivoBook E402YA AMD E2-7015 RAM 4GB	1	Perangkat keras untuk mengoperasikan perangkat lunak
2	Perangkat lunak <i>ArcMap</i>	<i>ArcMap</i> versi 10.3	1	Perangkat lunak digunakan dalam mengolah data dan penyajian data
3	<i>Platform online Google Earth Engine</i>	-	-	Platform digunakan untuk mengolah citra (data mentah)
4	Microsoft Excel	Microsoft Excel 2019	1	Digunakan dalam mengolah data polutan

Selain alat-alat tersebut, adapun bahan yang perlu diperoleh untuk memenuhi penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

No	Bahan	Sumber	Skala/Resolusi	Fungsi
1	<i>TROPOMI</i> Sentinel – 5P	<i>ESA Copernicus</i>	1.1 km	Digunakan untuk menganalisis kualitas udara
2	Batas Administrasi Kabupaten Bandung	BIG	1:25.000	Digunakan dalam mengolah data
3.	Data Polusi Udara	Dinas Lingkungan Hidup	-	Digunakan dalam mengolah data
4	Kualitas Udara	Dinas Lingkungan Hidup	-	Digunakan dalam mengolah data
5	Data Iklim dan Cuaca	BMKG	-	Digunakan dalam mengolah data
6	DEMNAS	BIG	-	Digunakan dalam mengolah data

3.4. Tahapan Penelitian

Pada tahap penelitian ini memuat informasi terkait langkah kegiatan ketika penelitian. Pada tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut.

3.4.1. Pra Penelitian

1. Penentuan tema penelitian

Pada tahapan ini peneliti melakukan pengkajian terkait tema yang akan diteliti. Tema yang penulis pilih merupakan tema yang menjadi sebuah permasalahan atau isu yang terjadi di lingkungan masyarakat.

2. Penentuan lokasi penelitian

Pada tahapan ini penulis melakukan pengkajian terkait lokasi yang sesuai dengan tema yang dipilih. Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang memiliki permasalahan. Penentuan tersebut harus dilakukan karena setiap lokasi memiliki isu yang berbeda-beda

sehingga dalam penentuan ini lokasi harus dapat menyajikan permasalahan atau isu yang terjadi dengan baik.

3. Pencarian sumber literatur

Pada tahapan ini peneliti melakukan pencarian terkait permasalahan dengan berdasarkan penelitian - penelitian terdahulu. Selain penelitian terdahulu, adapun sumber yang lain seperti buku atau laporan yang sesuai dengan tema dan isu yang dipilih.

3.4.2. Penelitian

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan studi dokumentasi. Studi dokumentasi ini merupakan metode pengumpulan data dengan mencari atau mendapatkan data dari suatu dokumen atau data yang dimiliki oleh suatu badan atau instansi yang bersangkutan. Pengumpulan dilakukan pada dua jenis data yaitu penginderaan jauh dan data lapangan. Citra penginderaan jauh didapatkan melalui pengolahan berbasis *cloud computing Google Earth Engine*. Sedangkan data lapangan diperoleh dari instansi yang memiliki data pengamatan atau pengambilan sampel polusi udara sekitar industri. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data *time series* dengan rentang waktu selama 16 hari di 4 Periode dalam 1 tahun yaitu:

1. Periode 1: 14 Maret – 30 Maret 2023
2. Periode 2: 12 Juni – 28 Juni 2023
3. Periode 3: 4 September – 20 September 2023
4. Periode 4: 30 Oktober – 15 November 2023

Pengambilan data yang dilakukan pada 4 periode tersebut dimaksudkan untuk mewakili musim yang ada di Indonesia. 2 periode di musim kemarau dan 2 periode di musim hujan.

2. Pengolahan dan Penyajian data

Pengolahan data dilakukan salah satunya menggunakan *platform Google Earth Engine* dengan melakukan pengolahan pada data Sentinel-5P. Pengolahan data juga dilakukan dengan menggunakan *software*

sistem informasi geografis *ArcMap* yang digunakan dalam mengolah dan menyajikan data menjadi peta. *Microsoft Excel* digunakan dalam mengolah data statistik dalam menentukan nilai kualitas udara berdasarkan parameter indeks kualitas udara.

3. Uji akurasi

Uji akurasi dilakukan pada data citra penginderaan jauh dan data pengamatan yang dimiliki instansi. Uji akurasi dilakukan pertama-tama dengan menentukan *Root Mean Square Error (RMSE)* dari nilai kedua data yang dimodelkan. Kedua dengan menentukan persentase akurasi dari luas klasifikasi kedua data yang dimodelkan. Ketiga dengan menentukan standar deviasi data yang dimodelkan. Dengan menggunakan uji akurasi ini dapat menentukan seberapa dekat pemodelan dilakukan.

3.4.3. Pasca Penelitian

1. Penyusunan Laporan

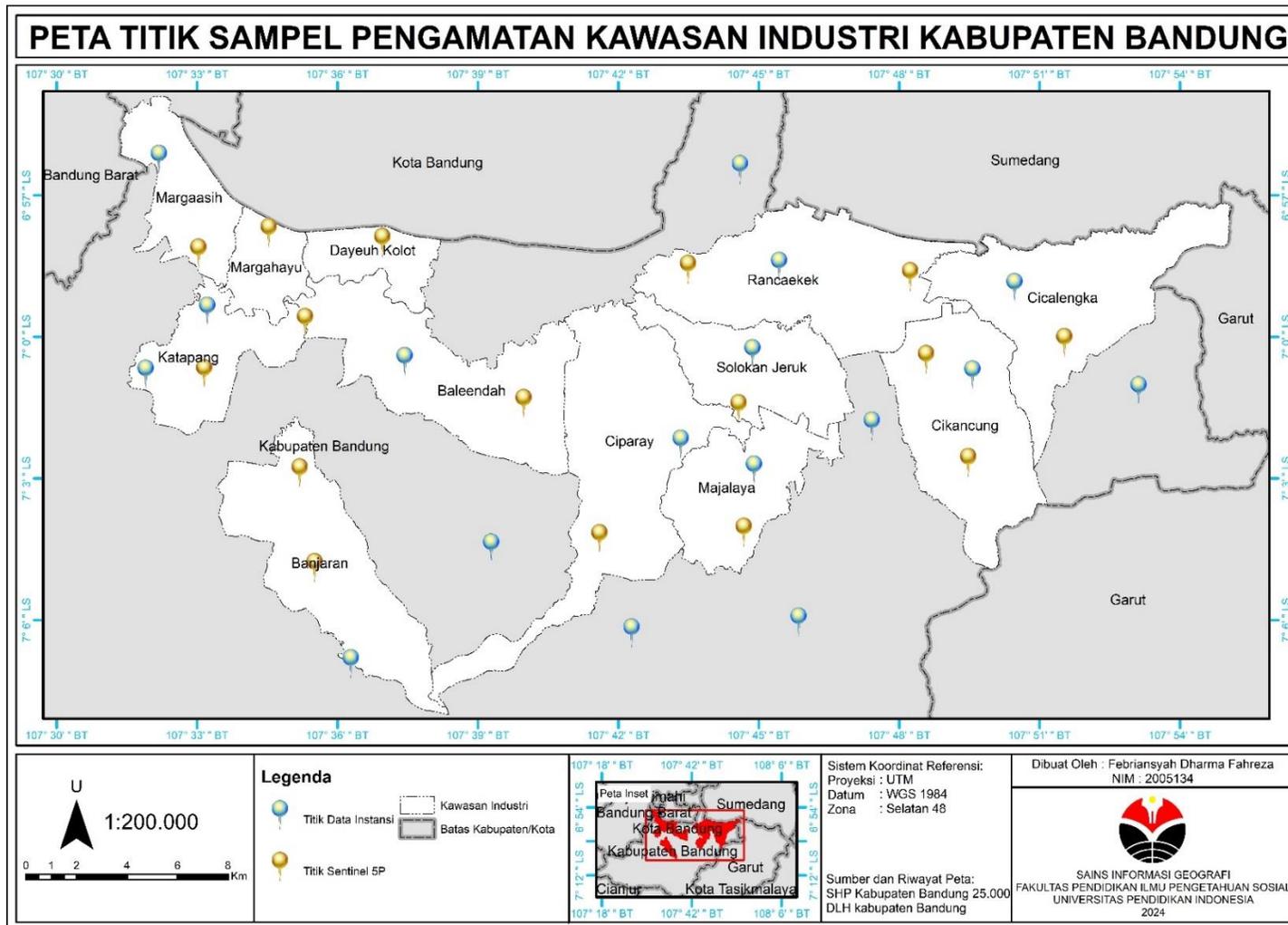
Pada tahapan ini melakukan penyusunan laporan dimana berkas dan hasil dari penelitian dirapikan menjadi sebuah laporan. Laporan disusun secara sistematis, terdiri dari judul penelitian, pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, hasil dan pembahasan, kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi.

3.5. Populasi dan Sampel

Populasi adalah sebuah area yang terdiri dari objek dan subjek yang ditentukan oleh peneliti dengan kekhususan tertentu untuk diamati dan dipelajari, yang berfungsi sebagai acuan dalam menghasilkan kesimpulan. Berdasarkan dari kesimpulan tersebut, dalam penelitian ini populasi yang dimaksudkan adalah bagian yang termasuk ke dalam lokasi penelitian dimana lokasi penelitian dilakukan pada kawasan industri di Kabupaten Bandung. Populasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah industri yang berada di Kawasan Industri dengan jumlah 183 industri besar dan menengah yang terjaring berdasarkan jenis industri di Kabupaten Bandung

3.5.1. Sampel

Sampel merupakan perwakilan objek yang diambil pada populasi. Sampel yang diambil merupakan data sebagian dari objek yang diteliti. Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan merupakan bagian yang menjadi parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas udara di kawasan industri. Metode sampel yang digunakan adalah *purposive random sampling*. Metode ini melibatkan pemilihan sampel dengan mempertimbangkan substansi atau kriteria tertentu pada objek *sampling*, sehingga sesuai dengan tujuan dan kebutuhan penelitian (Morissan, 2012). Metode ini akan menentukan sampel yang mewakili area kajian. Titik sampel yang diambil harus memuat kandungan zat di udara yang terdiri atas nitrogen dioksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂) di Kawasan Industri. Setidaknya sampel pengamatan polusi udara dilakukan di wilayah yang mewakili kualitas udara di kawasan Industri. Meskipun demikian, titik sampel juga berada di kawasan perkantoran, kawasan permukiman, dan kawasan transportasi yang ada pada area kajian sesuai dengan ketentuan Indeks Kualitas Udara. Berikut adalah sebaran titik sampel yang dilakukan di Kawasan Industri.



Gambar 3.2. Peta Lokasi Titik Sampel

Febriansyah Dharma Fahreza, 2024

PEMANFAATAN CITRA SENTINEL 5P DALAM PEMODELAN INDEKS KUALITAS UDARA PADA KAWASAN INDUSTRI KABUPATEN BANDUNG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.6. Variable Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian yang dianggap sebagai fokus utama penelitian. Variabel ini merupakan parameter yang berperan dalam suatu kajian yang diteliti. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel tunggal yang memiliki satu variabel yang digunakan sebagai acuan dengan beberapa indikator penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.4 Variabel Penelitian

Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Indikator Penelitian
Pemanfaatan Citra Sentinel 5P Untuk Pemodelan Indeks Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Kabupaten Bandung	Indeks Kualitas Udara (IKU)	<ul style="list-style-type: none"> • NO₂ • SO₂

3.7. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh penulis meliputi dua cara yaitu sebagai berikut:

3.7.1. Akuisisi Data Polutan Menggunakan Penginderaan Jauh

Data yang akan digunakan diperoleh dari data sekunder dimana data yang dibutuhkan adalah udara ambien zat nitrogen dioksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂). Data tersebut dapat diperoleh dengan mengakuisisi data citra penginderaan jauh. Sentinel 5P yang memiliki keunggulan dalam mendeteksi zat yang berada di atmosfer.

3.7.2. Studi Dokumentasi

Data yang dibutuhkan dalam menguji akurasi adalah data lapangan yang telah diperoleh sebelumnya oleh instansi atau lembaga yang bersangkutan. Data disimpan dalam sebuah arsip atau dokumen memiliki fungsi untuk alat komunikasi dan alat bukti yang memuat informasi yang dibutuhkan oleh pengguna. Dokumen juga bertujuan untuk memastikan bahwa informasi pada dokumen adalah yang terdapat pada suatu instansi adalah dokumen terbaru dan sah (Novianti & Bardadi, 2001). Kualitas udara merupakan salah satu kualitas lingkungan hidup yang terus di-*monitoring* oleh pemerintah. Informasi pada dokumen yang berada di

instansi akan menjadi bahan pembanding dalam mengolah dan menganalisis data citra yang telah diperoleh.

3.8. Teknik Penelitian

Teknik penelitian adalah bagian atau proses yang dilakukan ketika penelitian dalam mengolah data yang sebelumnya dikumpulkan. Teknik penelitian ini dilakukan dengan menentukan bagaimana pengolahan data dilakukan agar permasalahan yang diteliti dapat tercapai. Dalam penelitian ini menggunakan teknik penelitian sebagai berikut.

3.8.1. Pengolahan Polusi Udara Berbasis *Google Earth Engine*

Industri merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang menghasilkan emisi hasil sisa pembakaran. Polusi yang terkumpul di udara akan dapat terekam dengan citra. Sentinel 5P sebagai salah satu citra yang dapat mengidentifikasi polusi udara karena adanya instrumen *TROPOMI* yang memiliki spektral band pada gelombang *ultraviolet (UV)*, *visible (VIS)*, *Near-infrared (NIR)* dan *Shortwave Infrared (SWIR)* (Suryoprayogo, dkk. 2022).

Google Earth Engine sebagai *platform cloud computing* dapat digunakan dalam analisis spasial dengan kemampuan menyediakan data citra satelit, *Google Earth Engine* berproses dengan menggunakan algoritma untuk memproses data (Gorelick, dkk., 2017). Pengolahan data Sentinel 5P dilakukan di *Google Earth Engine*. Data polusi diperoleh dengan memasukan data Sentinel yang menangkap konsentrasi polusi seperti *dataset* Sentinel-5P yang merupakan data level 3 dan menangkap konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) menggunakan algoritma berikut:

```
var dataset = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_NO2")
var image = dataset.filterBounds(roi)
                    .filterDate(tanggal akuisisi data lapangan)
                    .select('NO2_column_number_density')
                    .mean()
                    .clip(roi)
var band_viz = {
```

```

    min: 0,
    max: 0.0002,
    palette: ['purple', 'cyan', 'green', 'yellow', 'red']
  };
  Map.addLayer(image, band_viz )
  Map.centerObject(roi,11)
  Export.image.toDrive({
  image: image,
  description: 'Deskripsi',
  scale: 10,
  maxPixels: 600000000,
  region: roi
  });

```

Pengolahan untuk sulfur dioksida (SO₂) menggunakan algoritma berikut:

```

var dataset = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_SO2")
var image = dataset.filterBounds(ROI)
    .filterDate(tanggal akuisisi data lapangan)
    .select('SO2_column_number_density')
    .mean()
    .clip(roi)
var band_viz = {
  min: 0,
  max: 0.0005,
  palette: ['purple', 'cyan', 'green', 'yellow', 'red']
};
Map.addLayer(image, band_viz )
Map.centerObject(roi,11)
Export.image.toDrive({
  image: image,
  description: 'Deskripsi',

```

scale: 10,
maxPixels: 600000000,
region: roi
});

3.8.2. Analisis Indeks Kualitas Udara IKLH

Kualitas udara pada kawasan industri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Pada peraturan tersebut jenis udara ambien yang digunakan merupakan udara ambien SO₂ dan NO₂ yang diperoleh dari pengamatan di lapangan dengan menggunakan metode *passive sampler*. Kemudian hasil pengamatan di lapangan di konversikan menjadi Indeks SO₂ dan NO₂.

$$\text{Indeks SO}_2 = \frac{\text{Rata-Rata SO}_2}{\text{Baku Mutu } E_u} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\text{Indeks NO}_2 = \frac{\text{Rata-Rata NO}_2}{\text{Baku Mutu } E_u} \dots\dots\dots (3.2)$$

Indeks yang memiliki nilai “kurang dari sama dengan” (\leq) 1 berarti kualitas udara memenuhi standar. Sedangkan Indeks yang memiliki nilai “lebih dari” ($>$) 1 berarti kualitas udara melebihi indeks standar *EU* (DITJEN PPKL, 2022). Indeks tersebut kemudian dirata-rata menjadi Indeks Udara model *EU* (*IEU*) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I_{EU} = \frac{\text{Indeks SO}_2 + \text{Indeks NO}_2}{2} \dots\dots\dots (3.3)$$

Data kualitas udara diukur berdasarkan konsentrasi pencemar yang ada di suatu wilayah. Oleh karena itu rumus konversi Indeks Kualitas Udara dilakukan berdasarkan pengurangan dari 100 persen. Berikut adalah rumus pengolahan IKU:

$$\text{IKU} = 100 - \left(\frac{50}{0,9} (I_{eu} - 0,1)\right) \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

IKU = Indeks Kualitas Udara

I_{EU} = *Index European Union*

3.8.3. Interpolasi *Inverse Distance Weighting (IDW)*

Interpolasi *Inverse Distance Weighting* dilakukan pada data indeks kualitas udara yang telah diolah sebelumnya. Interpolasi *IDW* akan melakukan interpolasi dengan memperhitungkan jarak sebagai bobot yang akan penentu data. Pada interpolasi ini menggunakan titik sampel Sentinel 5P dan Instansi yang tersebar di sekitar kawasan industri. Untuk Perhitungan sederhana *IDW* dilakukan dengan menggunakan persamaan fungsi pembobotan ω_i pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Azpurua dan Ramos, 2010 sebagai berikut:

$$\omega_i = \frac{h_i^{-P}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-P}} \dots\dots\dots (3.5)$$

P merupakan parameter *power* bernilai positif yang dapat diubah dimana pada umum nya *power* yang digunakan adalah 2. Sedangkan h_i adalah jarak sebaran antar titik yang akan diinterpolasi dengan dijabarkan sebagai berikut:

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots\dots\dots (3.6)$$

(x,y) merupakan koordinat titik interpolasi, sedangkan (x_i, y_i) merupakan koordinat titik sebaran. Hasil dari interpolasi ini menghasilkan interpolasi kualitas udara pada kawasan yang tidak memiliki nilai.

3.8.4. Uji Akurasi Citra Sentinel 5P

Analisis uji akurasi dilakukan dengan menggunakan metode deskripsi statistik. Metode deskripsi statistik ini menggunakan 3 jenis akurasi yaitu *RMSError*, uji akurasi perubahan klasifikasi, dan standar deviasi. Uji akurasi akan membandingkan tingkat akurasi dan menentukan nilai pada pemodelan data kualitas udara berdasarkan citra penginderaan jauh dengan data lapangan yang dimiliki oleh instansi atau lembaga terkait.

Root Mean Square Error adalah cara untuk mengevaluasi model *regresi linear* dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu

model. *RMSE* dihitung dengan mengkuadratkan *error* (prediksi – observasi) dibagi dengan jumlah data (= rata-rata), lalu diakarkan. *RMSE* tidak memiliki satuan. *RMSE* adalah cara standar dan populer untuk mengukur kesalahan suatu model dalam memprediksi data kuantitatif yang menunjukkan seberapa tersebar data di sekitar garis yang paling cocok. Semakin kecil nilai *RMSE*, semakin dekat nilai yang diprediksi dan diamati. *RMSE* juga merupakan kriteria penting dalam memilih model prediksi terbaik di antara model prediksi berbeda dengan membandingkan nilai *RMSE* di semua model dan pilih satu dengan nilai *RMSE* terendah. Berikut adalah perhitungan *RMSE*:

$$RMSE = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

RMSE = Nilai *Root Mean Square Error*

y = nilai hasil observasi

\hat{y} = nilai hasil prediksi

i = urutan data pada *database*

n = jumlah data

Uji akurasi dengan menghitung luas setiap klasifikasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar akurasi pemodelan yang dilakukan berdasarkan luas pada setiap kelas. Uji akurasi ini perlu mengelompokkan setiap kecamatan pada Sentinel 5P dan Instansi terlebih dahulu agar nampak perbedaan setiap klasifikasi pada setiap kecamatan. Seluruh kelas yang berbeda kemudian di jumlahkan sehingga memperoleh informasi luas total kelas yang berbeda. Kemudian untuk mengetahui akurasi dilakukan perhitungan berikut.

$$Akurasi = 100\% - \left(\frac{\text{Luas Perubahan Kelas}}{\text{Luas Total Perbedaan}} \times 100 \right) \dots\dots\dots (3.8)$$

Standar deviasi atau simpangan baku adalah nilai pada suatu *variable* tunggal atau kelompok dengan menunjukkan tingkat derajat variasi kelompok atau ukuran standar penyimpangan rata-rata (Febriani, 2022). Standar deviasi digunakan untuk mengetahui tingkat persebaran

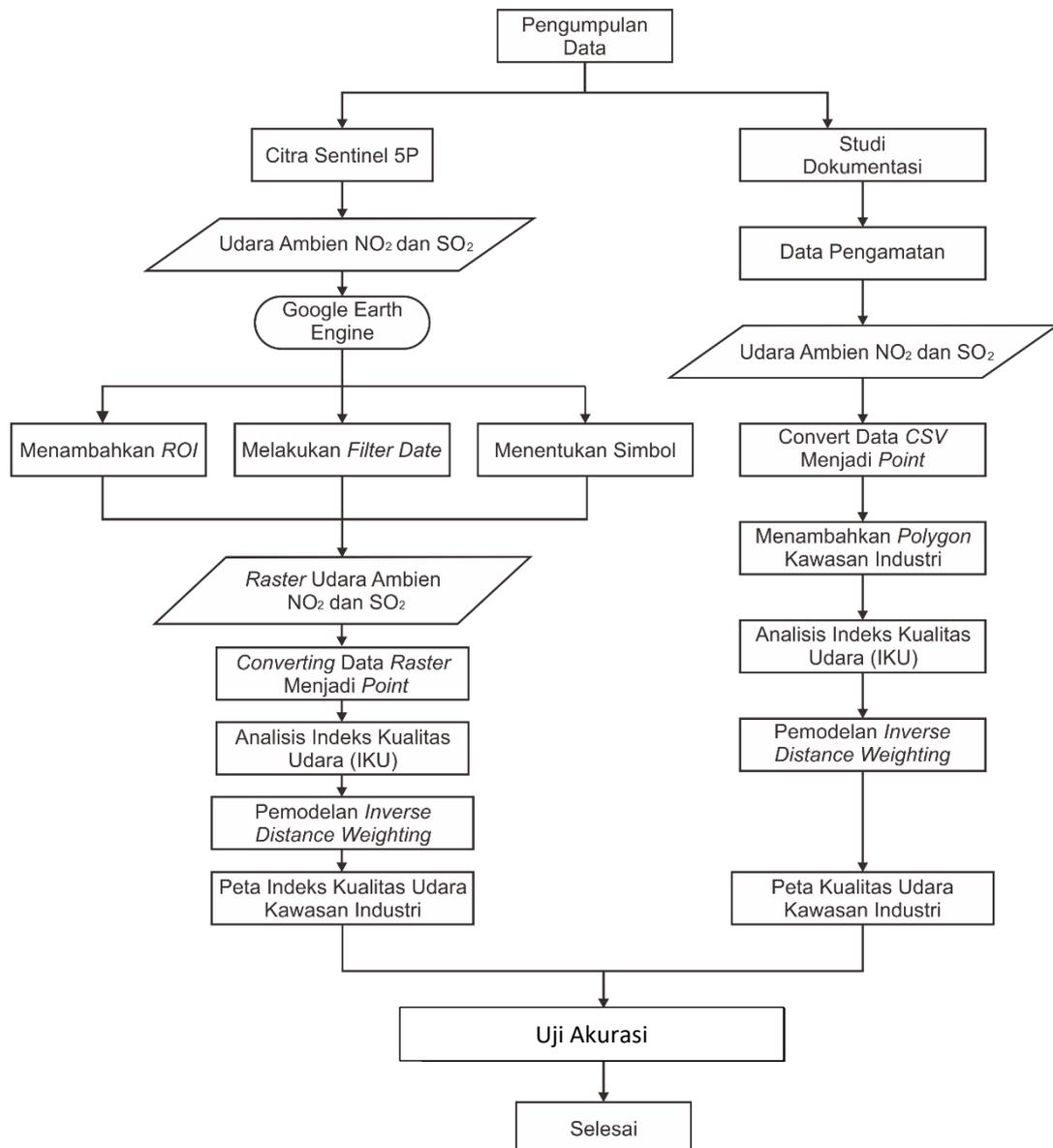
atau variasi data pada suatu populasi atau sampel. Standar deviasi dihitung dengan menghitung banyak data n (banyak data). Kemudian menghitung rata-rata dengan cara membagi jumlah nilai data dengan jumlah banyak data ($\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$). Setelah itu melakukan perhitungan penyimpangan setiap data dengan mengurangi nilai tiap data dengan rata-rata data ($x_i - \bar{x}$), kemudian langkah selanjutnya dengan mengkuadratkan penyimpangan data $(x_i - \bar{x})^2$. Setelah mendapatkan hasil tersebut, perhitungan standar deviasi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

- S = Standar Deviasi
- x_i = Data pemodelan
- \bar{x} = Rata-rata data
- i = urutan data pada *database*
- n = jumlah data

3.9. Alur Penelitian



Gambar 3.3. Alur Penelitian