

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Globalisasi kini telah terjadi di hampir penjuru seluruh dunia menyebabkan dunia mengalami pemanasan global yang diakibatkan aktivitas manusia yang terus meningkat seiring waktu. Aktivitas dari transportasi, industri atau domestik mengakibatkan adanya efek rumah kaca sehingga terjadi pemanasan global (Marcello, dkk. 2018). Pada sektor industri, pengembangan wilayah secara *massive* merupakan salah satu contoh aktivitas manusia yang mengakibatkan pemanasan global. Pengembangan wilayah terjadi ketika sebuah penggunaan lahan seperti lahan terbangun, lahan bervegetasi, bahkan lahan kosong telah mengalami perubahan menjadi kawasan industri. Perubahan alih fungsi lahan tersebut tentunya memberikan dampak yang ditimbulkan baik terhadap masyarakat atau lingkungan.

Keberadaan industri bukan hanya memberikan dampak secara sosial maupun ekonomi pada masyarakat di sekitarnya, tetapi lebih dari itu industri dapat memberikan dampak lain pada lingkungan sekitarnya. Meskipun dengan meningkatnya sektor industri juga mempengaruhi kualitas hidup manusia, adanya sektor industri yang berlebihan dan tidak diimbangi dengan kualitas lingkungan dapat menyebabkan lingkungan tersebut mengalami masalah seperti pencemaran udara, air, atau tanah (Sekartaji, dkk. 2016). Pencemaran udara merupakan pencemaran yang dapat langsung terasa setiap saat oleh manusia terutama ketika berada di ruang terbuka. Pencemaran udara terjadi ketika gas-gas atau zat yang dihasilkan dari sisa sumber bergerak seperti kendaraan maupun sumber tak bergerak seperti pada pembakaran industri bercampur dengan zat lain di udara sehingga yang terhirup oleh manusia bukan hanya oksigen.

Industri sebagai salah satu sumber polutan yang dapat mencemari udara pada umumnya berada di perkotaan. Meskipun demikian, tidak sedikit juga

pada daerah sub-urban yang berbatasan langsung dengan perkotaan merupakan kawasan industri. Keberadaan industri tersebut berpotensi mencemari udara dan menyebabkan wilayah tersebut mengalami permasalahan pada kualitas udara. Selain karena kondisi eksisting industri, pencemaran udara pada kawasan industri juga dapat diperburuk karena penambahan emisi gas buangan yang diakibatkan dari transportasi yang berlintas di sekitar kawasan industri. Keberadaan industri baik industri besar atau kecil pada suatu daerah berpengaruh terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat sekitar sehingga menarik masyarakat sekitar atau luar daerah tersebut untuk melakukan pekerjaan di industri yang ada dengan membuka kesempatan lapangan pekerjaan (Samsul, dkk. 2018). Pada industri skala besar tentunya memerlukan jumlah pekerja yang disesuaikan dengan kapasitas produksi, hal tersebut bertujuan agar kegiatan produksi dapat bekerja secara optimal. Dengan demikian jumlah pekerja juga meningkatkan mobilitas kendaraan dan berpengaruh terhadap peningkatan polusi di kawasan industri karena disebabkan dari hasil pembakaran bahan bakar kendaraan.

Jawa Barat memiliki beberapa Kabupaten atau Kota yang memiliki jumlah industri yang besar salah satunya adalah Kabupaten Bandung. Kabupaten Bandung berada pada cekungan Bandung dengan topografi yang datar berbatasan dengan Kota Bandung serta daerah dataran tinggi di sebelah barat, selatan, timur, dan utara Kabupaten Bandung (Rukmana, dkk. 2020). Berdasarkan wilayah administrasi, Kabupaten Bandung memiliki 31 Kecamatan dengan luas wilayah terbesar adalah Kecamatan Pasirjambu dan luas wilayah terkecil adalah Kecamatan Margahayu. Sedangkan untuk wilayah tertinggi adalah Kecamatan Rancabali dan wilayah terendah adalah Kecamatan Dayeuhkolot.

Kabupaten Bandung memiliki banyak sekali potensi baik dalam sektor pertanian, perkebunan, pariwisata, maupun industri. Berdasarkan sektor industri, Kabupaten Bandung memiliki beberapa kawasan industri yang tersebar di berbagai daerah. Setidaknya industri dapat ditemukan di 11

Kecamatan. Industri yang pada umumnya ditemukan di Kabupaten Bandung

adalah industri pengolahan tekstil atau garmen. Selain industri pengolahan tekstil dan garmen, industri yang memproduksi makanan, mainan, atau bahan kimia juga terdapat di Kabupaten Bandung. Sebaran kawasan industri di Kabupaten Bandung diantaranya berada di Majalaya, Banjaran, Dayeuhkolot, Margahayu, Leuwigajah, dan Cikancung (Waluya, 2007). Sebagian besar industri dengan skala besar dan sedang berada di Kecamatan Majalaya dan Dayeuhkolot. Sedangkan Kecamatan Cikancung memiliki peranan industri yang penting dalam meningkatkan produk domestik bruto (PDB). Pada umumnya di Cikancung merupakan industri besar dan industri kecil berupa industri rumah tangga yang bergerak pada pembuatan kerudung. Oleh karena itu, Kabupaten Bandung ini memiliki potensi bukan hanya pada sektor pertanian dan pariwisata, tetapi juga dalam sektor industri.

Keberadaan industri di wilayah tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dimana pada kawasan industri di daerah tersebut memiliki suhu yang lebih panas dibanding kawasan sekitarnya. Pencemaran udara juga dapat terjadi seiring peningkatan suhu pada kawasan tersebut. Dalam menentukan suatu daerah terjadi pencemaran udara atau tidak adalah dengan mengacu kepada indeks kualitas udara. Indeks kualitas udara adalah kondisi udara yang diperoleh dari perhitungan transformasi parameter – parameter (indikator) kandungan di udara seperti ( $SO_x$ ), ( $NO_x$ ), SPM, ( $O_x$ ), atau CO. Indeks kualitas udara bertujuan untuk memudahkan masyarakat awam untuk memperoleh informasi kualitas udara (Budiyono, 2010). Zat yang terkandung dalam pencemaran udara berasal dari sisa pembakaran produksi di Industri. Pada umumnya zat yang terkandung di udara adalah karbon monoksida (CO), Nitrogen oksida yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) atau nitrogen dioksida ( $NO_2$ ) serta Sulfur oksida baik itu sulfur dioksida ( $SO_2$ ) atau sulfur trioksida ( $SO_3$ ). Kandungan - kandungan tersebut dapat tersebar di udara karena bahan baku industri yang di bakar kemudian menghasilkan partikel baik itu asap, debu, atau bau melalui cerobong asap yang ada di bangunan industri.

Industri besar yang pada umumnya merupakan industri manufaktur,

tekstil, dan logam tentunya memerlukan bahan baku yang kompleks dalam

jumlah besar sehingga menghasilkan polusi dalam jumlah banyak juga. Polusi dari sumber tidak bergerak seperti industri tersebut didominasi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) merupakan gas yang dihasilkan dari bahan bakar yang mengandung sulfur seperti minyak atau batu bara. Secara keseluruhan industri menjadi penyumbang terbesar  $\text{SO}_2$  dengan persentase 76%. Sedangkan generator pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar gas alam akan menghasilkan gas buangan berasal dari gas buangan sisa nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) (Halimatusya'diyah, 2011). Berdasarkan laporan data konsentrasi  $\text{NO}_2$  dan  $\text{SO}_2$  rata – rata tahun 2020 yang dikeluarkan oleh DITPPU KLHK, jumlah rata – rata  $\text{NO}_2$  di Kabupaten Bandung mencapai 13,10. Sedangkan jumlah rata – rata  $\text{SO}_2$  di Kabupaten mencapai 8,83 (DITPPU KLHK, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah partikel nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) di Kabupaten Bandung yang sebagian merupakan sub urban cukup banyak dibanding kabupaten atau kota lainnya.

Berdasarkan dampak industri terhadap lingkungan, industri ini berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran udara dan pemanasan global. Sedangkan berdasarkan aspek manusia, industri juga berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat sekitarnya. Meskipun industri memberikan keuntungan dengan meningkatkan ekonomi masyarakat, industri juga memberikan dampak negatif secara tidak langsung. Polutan atau limbah yang dihasilkan industri tentunya dapat mengganggu kesehatan masyarakat. Partikel sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang menyebar di udara akan terhirup oleh manusia sehingga dapat mengganggu kesehatan manusia dengan menyebabkan gangguan seperti pada pernafasan, sakit kepala, sakit dada, atau menyerang syaraf. Bahkan kematian dapat terjadi jika pencemaran udara yang terhirup oleh manusia telah mencapai ambang batas (Astuti & Setiawan, 2013). Dengan demikian, aktivitas industri memberikan pengaruh positif dan negatif terhadap kehidupan masyarakat di sekitarnya.

Pada saat ini kawasan industri kerap kali berdampingan dengan daerah pemukiman. Oleh karena itu industri akan menimbulkan efek terhadap lingkungan masyarakat. Keberadaan industri di lingkungan masyarakat pada

umumnya akan menimbulkan perspektif yang tidak baik terhadap lingkungan tersebut. Industri di lingkungan masyarakat akan menciptakan anggapan bahwa menetap di lingkungan yang dekat industri menyebabkan penurunan kesehatan atau penyimpangan sosial. Hal tersebut karena lingkungan industri memberikan perspektif lingkungan yang berpolusi, lingkungan kotor, atau lingkungan sosial yang tidak diinginkan. Pada kenyataannya kondisi lingkungan seperti itu belum tentu terbukti karena jika pengolahan limbah atau sisa pabrik dilakukan secara benar, maka polutan yang dihasilkan tidak akan terlalu berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat (Mena dkk., 2019).

Perkembangan industri di Kabupaten Bandung perlu terus mempertimbangkan lokasi pembangunan. Pembangunan suatu industri perlu diperhatikan akan keberadaan industri tersebut jika dibangun berdekatan pada kawasan permukiman. Berdasarkan PP Republik Indonesia Nomor 24 Pasal 23 Ayat 2 Tahun 2009, industri yang berada dalam kawasan industri harus mengelola atau memanfaatkan limbah berbahaya dan beracun serta menganalisis dampak lingkungan. Sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 24 Pasal 7 Ayat 1 Tahun 2009 perusahaan industri yang akan menjalankan kegiatan industri wajib berlokasi di kawasan industri (Pemerintah Indonesia, 2009). Dengan demikian jika suatu industri berada pada bukan pada kawasan industri maka akan menimbulkan permasalahan terhadap kehidupan masyarakat.

Kecamatan yang berada di Kabupaten Bandung seperti Kecamatan Rancaekek, Margahayu, Majalaya, dan Dayeuhkolot merupakan salah satu daerah yang memiliki kualitas udara yang tergolong perlu diperhatikan. Hal tersebut karena pada daerah tersebut terdapat sejumlah industri yang cukup banyak. Oleh karena itu emisi gas yang dihasilkan pun lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain. Kabupaten Bandung sendiri melakukan pengamatan pencemaran udara tidak berdasarkan desa atau kecamatan tetapi menggunakan sistem zona. Sistem zona pengamatan ini dilakukan di daerah yang mewakili seperti wilayah utara dan selatan, zona industri Majalaya, serta zona transportasi dan perkantoran (Kompas.com, 2023). Dengan demikian,

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

meskipun sebelum adanya penelitian ini Kabupaten Bandung memiliki kualitas udara yang tergolong cukup baik, akan tetapi terdapat kemungkinan terjadinya peningkatan secara signifikan polusi udara yang di ada dan berpengaruh terhadap kualitas udara di Kabupaten Bandung.

Zat yang tersebar di udara dapat diidentifikasi secara tidak langsung melalui penginderaan jauh. Pengambilan data secara tidak langsung memiliki kelebihan pada waktu yang relatif lebih efektif meskipun secara ketelitian kurang dibandingkan dengan melakukan pengamatan secara langsung. Oleh karena itu penginderaan jauh digunakan dalam mengekstraksi data polutan yang ada di udara, dan diolah menjadi data kualitas udara Indeks Kualitas udara (IKU). Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang objek di permukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak melakukan kontak langsung dengan objek tersebut (Lillesand & Kiefer, 1979).

Citra penginderaan jauh dapat dimanfaatkan dalam mengestimasi kualitas udara secara *multi spatiotemporal* dan divalidasi dengan data primer di lapangan yang dimiliki oleh instansi yang terkait (Lin dkk., 2020). Jenis citra satelit yang digunakan dalam mengestimasi data polutan di Kabupaten Bandung adalah Sentinel-5P *TROPOMI* yang dikeluarkan oleh *European Satellite Agency (ESA)*. Sentinel-5P merupakan jenis satelit yang memiliki misi untuk *monitoring* kualitas udara di seluruh dunia. Data yang tersedia adalah gas metana, nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), formaldehida (HCHO), karbon monoksida (CO), dan ozon (O<sub>3</sub>). Sentinel-5P ini membawa instrumen pemantauan troposfer (*Tropospheric Monitoring Instrument*) dengan resolusi temporal yang baik yaitu 0,01 *degrees* atau 1,1 km (Indriyaningtyas dkk., 2021).

Penelitian ini penting dilakukan di Kabupaten Bandung karena jumlah industri di Kabupaten Bandung yang relatif banyak sehingga berpotensi menghasilkan polusi udara lebih banyak dibanding wilayah lain. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana Indeks Kualitas Udara yang ada pada kawasan industri di Kabupaten Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan memantau kualitas udara di sekitar kawasan industri di

Kabupaten Bandung dengan menggunakan citra penginderaan jauh Sentinel 5P untuk kemudian dibandingkan dengan data pengamatan yang dimiliki oleh instansi yang terkait. Variasi perubahan emisi gas NO<sub>2</sub> yang berada di atmosfer dapat diperoleh dengan menggunakan data Sentinel 5P dengan mengekstraksi dan mengolah menggunakan krigging (Anggraini, dkk. 2020). Akan tetapi pada penelitian ini tidak hanya NO<sub>2</sub> yang diperoleh tetapi juga SO<sub>2</sub>. Kedua zat tersebut menjadi indikator dalam penentuan Indeks Kualitas Udara (IKU) pada kawasan industri. Dalam memodelkan Indeks Kualitas Udara (IKU) pada penelitian ini menggunakan *Inverse Distance Weighting (IDW)*. Dengan latar belakang yang telah diuraikan, maka judul penelitian ini adalah “Pemanfaatan Citra Sentinel 5P Untuk Pemodelan Indeks Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Kabupaten Bandung” dengan harapan dapat membantu masyarakat dalam memberikan informasi terkait kualitas udara yang ada di sekitar kawasan industri.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang menjelaskan terkait polusi udara dan kualitas udara, maka terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana akuisisi citra Sentinel 5P untuk kualitas udara pada kawasan industri di Kabupaten Bandung?
2. Bagaimana kualitas udara data Sentinel 5P dan data instansi di Kabupaten Bandung berdasarkan parameter Indeks Kualitas Udara?
3. Bagaimana besaran hasil uji akurasi pemodelan kualitas udara data Sentinel 5P dengan instansi pada kawasan industri di Kabupaten Bandung?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis akuisisi citra Sentinel 5P untuk kualitas industri pada kawasan industri di Kabupaten Bandung
2. Menganalisis kualitas udara data Sentinel 5P dan data instansi di Kabupaten Bandung berdasarkan parameter Indeks Kualitas Udara

3. Menganalisis besaran dan evaluasi hasil uji akurasi pemodelan kualitas udara data Sentinel 5P dengan instansi pada kawasan industri Kabupaten Bandung

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan dan tujuan yang telah diuraikan diatas, maka diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

##### **a. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini semoga dapat digunakan sebagai sumber informasi untuk penelitian selanjutnya khususnya bagi penelitian yang serupa yang meneliti terkait pemanfaatan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam memetakan kualitas udara sehingga mampu bermanfaat bagi masyarakat yang berada pada sekitar industri. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu dalam memperbarui data kualitas udara dan kesehatan di Kabupaten Bandung.

##### **b. Manfaat Praktis**

###### **1. Manfaat untuk penulis**

Penelitian ini semoga dapat menerapkan ilmu telah dipelajari dan memberikan manfaat berlimpah bagi penulis yang menekuni bidang keilmuan Sains Informasi Geografi. Dengan adanya penelitian ini memberikan manfaat terhadap penulis agar mampu memanfaatkan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk menghasilkan peta kualitas udara dan kesehatan di Kabupaten Bandung.

###### **2. Manfaat untuk Akademisi/Universitas**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk akademisi diantaranya untuk arsip akademis yang nantinya dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Selain itu penelitian ini juga dapat menjadi rujukan atau sumber informasi dalam pemberian materi perkuliahan yang berkaitan dengan penginderaan jauh, sistem informasi geografis, atau pemetaan kualitas udara.

###### **3. Manfaat untuk instansi**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk instansi pemerintahan selaku pemangku kebijakan. Penelitian ini memberikan

rujukan dalam merumuskan kebijakan publik. Penelitian yang membahas terkait kualitas udara dan kesehatan di Kabupaten Bandung diharapkan dapat membantu instansi dalam menentukan ambang batas polusi yang dihasilkan oleh industri atau menentukan tata ruang kota dalam pengembangan wilayah.

#### 4. Manfaat untuk Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat juga terhadap masyarakat yang dimana penelitian ini menganalisis juga keterkaitan kualitas udara dan kesehatan masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, manfaat adanya penelitian ini untuk masyarakat antara lain adalah untuk mengetahui bagaimana kualitas udara yang ada di lingkungan masing-masing, menentukan tindakan atau antisipasi jika terpapar polutan secara berlebihan, atau untuk mengetahui apakah industri yang ada di sekitar lingkungan masing-masing sesuai dengan ketentuan yang ada.

#### c. Manfaat Kebijakan

Penelitian ini berhubungan dengan aktivitas Perindustrian yang ada di Kabupaten Bandung, sebagai wilayah administrasi tentunya memiliki kebijakan yang diterapkan dalam menangani dampak terhadap lingkungan dari adanya aktivitas industri. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan menjadi bahan rujukan bagi pemerintah atau pemangku kebijakan yang terlibat dalam memberikan atau membuat sebuah kebijakan dalam mengatasi permasalahan lingkungan.

### 1.5. Definisi Operasional

Dalam mencegah adanya kesalahan pemahaman dalam penelitian. Berdasarkan penelitian yang berjudul **“Pemanfaatan Citra Sentinel 5P Untuk Pemodelan Indeks Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Kabupaten Bandung”**, penulis membatasi pengertian dari istilah yang digunakan sebagai berikut:

#### 1. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah suatu kondisi yang terjadi jika suatu campuran gas di udara telah berubah komposisinya dan melewati ambang batas nilai yang

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

sudah ditetapkan. (Halimatusya'diyah, 2011). Pengertian pencemaran udara juga terkandung dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Dalam Pasal 1 ayat (1) menjelaskan bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya .

## 2. Udara Ambien

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas pada troposfer yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya.

## 3. Industri

Industri adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang ekonomi dan sebagai penyedia barang atau jasa dan tergolong ke dalam sektor sekunder (Sukirno, dalam Pusung dkk., 1995)

## 4. Sentinel-5P

Sentinel-5 *Precursor* merupakan sensor citra satelit yang diluncurkan oleh *European Space Agency* dengan membawa instrumen *TROPOMI* atau *TROPOspheric Monitoring Instrument* yang merupakan instrumen pada citra Sentinel 5P dan digunakan dalam memantau kualitas udara dan polusi udara pada atmosfer bumi.

## 5. Indeks Kualitas Udara (IKU)

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Indeks Kualitas udara merupakan ukuran yang menggambarkan kualitas udara yang nilai parameternya diukur pada suatu waktu di wilayah tertentu. Indeks Kualitas Udara diperoleh dengan berdasarkan udara ambien SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>.

## 6. Geostatistik

Menurut Indarto (2013), Geostatistik merupakan cabang ilmu statistik yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi suatu fenomena di bumi. Salah satu geostatistik yang umumnya digunakan adalah *Inverse Distance Weighting (IDW)* yang merupakan pemodelan spasial berdasarkan statistik jarak antara satu data dengan data yang lain.

### 1.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengkaji tingkat kualitas udara di Kabupaten Bandung akibat adanya aktivitas industri dengan mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Udara. Berdasarkan peraturan tersebut, kualitas udara diperoleh dengan melakukan analisis persamaan pada data udara ambien yang dapat diakuisisi dengan menggunakan citra penginderaan jauh dan data lapangan yang dimiliki oleh instansi. Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada penggunaan metode penginderaan jauh dan studi dokumentasi untuk memperoleh data udara ambien. Berdasarkan metode yang diterapkan, penulis menggunakan analisis statistik untuk menghitung kualitas udara dan metode interpolasi *Inverse Distance Weighting (IDW)* untuk memetakan kualitas udara. Sementara itu, penelitian sebelumnya menggunakan penginderaan jauh hanya untuk memetakan hasil dari akuisisi penginderaan jauh. Sedangkan pada penelitian sebelumnya, metode yang digunakan adalah penginderaan jauh dengan hanya memetakan hasil dari akuisisi penginderaan jauh. Kemudian yang menjadi perbedaan antara penelitian ini dengan sebelumnya adalah pada penelitian ini berfokus pada kualitas udara sehingga data yang dibutuhkan hanya dua yaitu  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  serta menggunakan indeks kualitas udara tertentu dibanding penelitian-penelitian sebelumnya yang membatasi dan hanya berfokus pada salah satu zat pencemar udara.

No	Nama Penulis dan Tahun	Lembaga	Judul	Masalah	Tujuan	Tinjauan Pustaka	Metode	Hasil
1	Tania Septi Anggraini, Febzi Artaningh, Elstri Sihotang, Anjar Dimar Saktia, Agustan, 2020	Institut Teknologi Bandung, PTPSW BPPT	Variasi Emisi Gas Nitrogen Dioksida saat Pembatasan Sosial Berskala Besar di Provinsi Jawa Barat dari Pengolahan Data Satelit Sentinel-5P	Pada penelitian ini terdapat permasalahan terkait polutan Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) yang dihasilkan oleh kendaraan di Jawa Barat selama masa Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB).	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di Jawa Barat terhadap emisi gas Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) melalui satelit Sentinel-5P.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emisi gas buangan adalah sisa pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan dan berkontribusi terhadap pencemaran udara.</li> <li>2. <math>\text{NO}_2</math> adalah polutan yang sangat reaktif dan disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil.</li> <li>3. Sentinel-5P/TROPOMI instrumen yang diluncurkan pada tahun 2017 dengan misi untuk pengamatan atmosfer di bumi</li> </ol>	Metode yang digunakan informasi geografi dengan melakukan attach pixel geo-coding untuk mengeluarkan koordinat geodetic kemudian citra di export dalam format NetCDF4-CF dan di-reprojection. Kemudian data tersebut diinterpolasi kriging model semi variogram spherical, kemudian pemetaan dan pengambilan sampel data untuk validasi. Sampel data dilakukan di 5 kota/kabupaten dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi hingga rendah.	Berdasarkan data sejak 8 April 2020 hingga 27 Mei 2020, 3 hari setelah melakukan PSBB tingkat $\text{NO}_2$ di Jawa Barat mengalami penurunan dan hanya terdapat sedikit daerah yang memiliki tingkat $\text{NO}_2$ yang tinggi pada saat menjelang hari raya terutama pada 18 Mei 2020, gas $\text{NO}_2$ di Kota Bandung lebih tinggi 6% dibandingkan Kabupaten Bandung dan lebih tinggi 78% dari Kabupaten Bogor.
2	Ergianzah Reezqiana Sihayuardhi, 2021	Universitas Islam Indonesia	Pemetaan Sebaran Kualitas Udara Ambien Kawasan Perkotaan Yogyakarta	Persebaran kualitas udara ambien di Kawasan Perkotaan Yogyakarta (KPY). Penelitian ini	Penelitian ini dibuat untuk menentukan pola persebaran kualitas ambien dan menentukan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Udara ambien adalah udara yang bergerak bebas di lapisan troposfer yang dimana biasanya dapat berupa zat <math>\text{SO}_2</math>, <math>\text{CO}</math>, dan <math>\text{NO}_2</math>.</li> <li>2. Indeks Standar Pencemar Udara</li> </ol>	Metode yang digunakan sistem informasi geografis dan survey lapangan. Survey lapangan ini dilakukan untuk memperoleh titik lokasi sampel. Sedangkan untuk sistem	Hasil survey lapangan yang dilakukan sejak 2016 - 2020 terdapat 379 titik yang tersebar di 3 Kabupaten/kota di KPY. Rata-rata pada konsentrasi $\text{SO}_2$ terjadi kenaikan di tahun 2017

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

			Dengan Parameter SO <sub>2</sub> , CO, dan NO <sub>2</sub> Metode Inverse Distance Weighting (IDW)	dilakukan karena adanya peningkatan pneumonia dan ISPA sebesar 28,6% pada tahun 2018.	kategori ISPU pada daerah kawasan perkotaan Yogyakarta dengan metode Inverse Distance Weighted (IDW).	(ISPU) adalah penunjuk angka yang tidak memiliki satuan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tersebut. 3. Inverse Distance Weighted (IDW) merupakan suatu metode dengan cara deterministic yang dilakukan dengan sederhana dan adanya pertimbangan dengan titik-titik disekitarnya.	informasi geografis ini menggunakan metode inverse distance weighted (IDW) yang berguna untuk menganalisis pola kualitas udara ambien. Setelah itu penelitian ini dilanjutkan dengan menentukan cross validation dan pembuatan peta-peta.	dengan nilai rata-rata 63,77 tetapi sampai tahun 2020 terjadi penurunan dengan konsentrasi menjadi 23,01 µg/m <sup>3</sup> . Pada karbon monoksida berada pada kategori sehat meskipun terdapat titik yang sedang dan tidak sehat. Sedangkan Berdasarkan hasil ISPU pada tahun 2016 hingga 2018 semua titik masuk dalam kategori sehat dan 2019 dan 2020 terdapat titik yang sedang.
3	Albert Marcello, Hernani Yulinawati dan Lailatus Siami, 2021	Universitas Trisakti	Pantauan Satelit Persebaran Aerosol Optical Depth Di Pulau Jawa Wilayah Barat di Era Pandemi Covid – 19	COVID-19 menyebabkan berkurangnya aktivitas masyarakat karena adanya pembatasan sosial yang berpengaruh terhadap aerosol yang ada di udara. Aerosol ini dapat menjadi	Pengamatan tingkat pencemaran udara di wilayah barat pulau Jawa ketika masa COVID-19 dengan menggunakan metode penginderaan jauh.	1. Aerosol memiliki sifat-sifat optis yang ditentukan oleh komposisi kimia, konsentrasi, ukuran, bentuk, dan struktur internal dari partikel-partikel cair dan padat yang membentuknya. 2. MERRA-2 merupakan satelit dengan versi pembaruan dari Goddard Earth Observing System	Metode yang digunakan penginderaan jauh dan juga pengukuran lapangan. Penginderaan jauh yang digunakan adalah satelit MERRA-2 dengan data pada tahun 2019 dan 2020. Data satelit kemudian diolah dalam aplikasi Giovanni untuk menghasilkan sebaran dan konsentrasi aerosol dalam nilai AOD. Jika sudah	Berdasarkan data yang diperoleh, aerosol pada tahun 2019 cenderung lebih banyak dibanding tahun 2020. Pada bulan agustus 2020 menjadi puncak nilai konsentrasi AOD memiliki nilai tertinggi (0,3052) sedangkan bulan Desember 2020 memiliki nilai terendah (0,1508). Faktor aktivitas PLTU dan

				pencemaran udara yang terdiri dari udara ambien dan emisi.		Model, Version 5 (GEOS-5) data assimilation system yang mampu menggunakan microwave sounders dan instrumen radiasi inframerah hiperspektral, serta jenis data lainnya.	mendapatkan data AOD maka selanjutnya adalah melakukan korelasi data dimana data yang dikorelasikan adalah data lapangan berupa PM10.	pengaruh angin dominan selama bulan Agustus 2020 di Tangerang adalah Timur Laut sehingga sebaran AOD mengarah ke Barat Daya yang mengarah ke Rangkasbitung.
4	Waluyo Eko Cahyono, 2016	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional	Penyebaran Pencemar Udara di Kota Yogyakarta	Pencemaran udara perkotaan di Indonesia terjadi peningkatan dengan sumber utama transportasi dan industri. Transportasi memberi kontribusi 70% dari total emisi NO <sub>2</sub> dan Industri memberi kontribusi 70% dari SO <sub>2</sub> .	Mengontrol seberapa besar pencemar udara yang terjadi di Kota Yogyakarta bila dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gas nitrogen oksida (NOX) ada dua macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Gas ini memiliki bau yang menyengat dan berwarna coklat kemerahan. Paru-paru akan lebih peka terhadap gas ini.</li> <li>2. Gas belerang oksida (SOX) adalah gas yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batubara. Ada dua macam gas belerang oksida (SOX), yaitu SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>.</li> </ol>	Metode yang digunakan penginderaan jauh dengan menggunakan satelit OMI dari tahun 2006 hingga 2015. Kemudian konsentrasi zat didapat dari pengamatan lapangan 21 titik pada setiap tahunnya. Kemudian data akan dianalisis secara estimasi dengan metode Expectation Maximization (EM) dan statistik agar mendapatkan hasil mean, median, minimum dan maksimum setiap titik.	Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan nilai SO <sub>2</sub> selama Maret 2006 hingga Agustus 2015, nilai tertinggi berada pada bulan Agustus 2015 dengan nilai mencapai 0,04 ppm, sedangkan nilai terendah berada pada bulan oktober 2007 dengan nilai sebesar 0,002 ppm. Adapun untuk NO <sub>2</sub> , selama pengamatan, nilai tertinggi ada pada bulan Maret dan Agustus 2015 dengan nilai mencapai 0,03 ppm.

5	Sheffiera Indriyaningtyas, Lucky Rakananda Hasandy, dan Bayu Elwantyo B. Dewantoro, 2021	Universitas Gajah Mada	Dinamika Konsentrasi Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Selama Periode PSBB Menggunakan Komputasi Berbasis Cloud Pada Google Earth Engine	COVID-19 merupakan penyakit pernapasan yang berpotensi berasosiasi dengan paparan karbon monoksida yang tinggi. PSBB yang dilakukan diharapkan berkorelasi dengan jumlah Carbon Monoksida.	Monitoring kualitas udara yang terjadi selama PSBB. Penelitian ini juga bertujuan untuk melihat hubungan antara diterapkannya kebijakan PSBB dengan emisi gas karbon monoksida (CO) melalui citra satelit Sentinel-5P di DKI Jakarta.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) merupakan salah satu kebijakan yang mengatur dibatasinya kegiatan penduduk pada suatu wilayah guna mencegah potensi penyebaran virus yang tidak terkendali.</li> <li>2. Karbon Monoksida (CO) merupakan salah satu parameter pencemar yang banyak dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar yang mengandung karbon.</li> </ol>	Metode penginderaan jauh digunakan untuk mengekstraksi citra Sentinel-5P dengan memanfaatkan google earth engine. Setelah melakukan akuisisi data, selanjutnya adalah analisis statistik dilakukan pada Citra Sentinel-5P NRTI CO yang telah diakuisisi dengan cara mengekstraksi nilai piksel yang berupa nilai kandungan CO pada citra dan mengolahnya pada perangkat lunak pengolah data.	Selama PSBB penurunan jumlah kendaraan di Jakarta menurun dan berdampak pada hubungan antara emisi karbon monoksida (CO) dengan kebijakan PSBB. Sebelum dilakukan PSBB konsentrasi CO sebesar 0,0828 mol/m <sup>2</sup> , sedangkan pada periode PSBB, terjadi penurunan rata-rata konsentrasi CO menjadi 0.0769 mol/m <sup>2</sup> . Kemudian pada periode PSBB transisi, rata-rata konsentrasi CO menjadi 0.0826 mol/m <sup>2</sup>
6	Cindy dan Togi Tampubolon, 2022	Universitas Negeri Medan	Analisa Kandungan Aerosol Di Lapisan Troposfer Menggunakan Data Terra/Aqua Modis di kota Medan	Masalah polusi udara di Indonesia cukup serius. Polusi udara tersebut terjadi karena jumlah kendaraan yang padat di Medan. Sehingga	Bagaimana kualitas udara yang ada di Kota Medan melalui kondisi aerosol yang ditimbulkan dari aktivitas manusia.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pencemaran udara yang terjadi pada umumnya diakibatkan karena aktivitas manusia seperti transportasi ataupun kegiatan pabrik.</li> <li>2. Data Aerosol Optical Depth yang digunakan pada penelitian adalah level 2.0 dengan</li> </ol>	Pada penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan citra Tera/Aqua Modis pada tahun 2015 hingga 2020. Selain itu ada juga pengambilan titik GCP yang nantinya akan digunakan dalam koreksi geometrik.	Nilai AOD mengalami fluktuasi dimana nilai AOD pada tahun 2018 lebih tinggi, sedangkan tahun 2020 memiliki nilai AOD yang paling sedikit. OD yang memiliki nilai 0 – 0,5 mengindikasikan kondisi cerah dengan kandungan aerosol yang sangat

				berpotensi menurunkan kualitas udara.		panjang gelombang 500 nm. Gelombang tersebut digunakan karena radiasi matahari paling banyak diradiasi kan pada panjang gelombang di daerah yang tampak.		sedikit dan visibilitas maksimum. Sementara nilai AOD yang mendekati atau lebih dari 1 menunjukkan keberadaan aerosol dengan konsentrasi yang tinggi, tebal (berkabut), dan membatasi jarak pandang.
7	Faza Arista, Ratna Saraswati, Adi Wibowo, 2019	Universitas Indonesia	Pemodelan spasial distribusi karbon di monoksida di Kota Bandung	Hasil pengukuran pencemaran udara di beberapa kota menunjukkan bahwa karbon monoksida meningkat sejak tahun 1980. Untuk polutan yang berada di cekungan Bandung akan mengendap di cekungan.	Prediksi distribusi polutan CO di Kota Bandung dengan memprediksi wilayah yang memiliki kadar polusi udara yang tinggi dan yang memiliki kadar polusi lebih rendah dari yang lainnya.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kota Bandung yang memiliki kondisi fisik berupa cekungan mengakibatkan angin sulit menghempas konsentrasi polutan yang ada. Oleh karena itu polutan berpotensi mengendap di cekungan Bandung.</li> <li>2. Pencemaran udara adalah permasalahan yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia, karena pencemaran udara dapat menurunkan kualitas udara sehingga dapat membuat kesehatan menurun.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Observasi lapangan dilakukan dengan melihat kondisi fisik wilayah yang di plot dengan menggunakan GPS.</li> <li>2. Pengambilan sampel pada 57 titik sampel yang telah dilakukan random sampling.</li> <li>3. Analisis data NDVI, NDBI dan LST.</li> <li>4. Interpolasi IDW hasil kadar Karbon Monoksida di setiap titik sampel.</li> <li>5. Uji korelasi dan regresi dengan nilai ekstraksi sebelumnya.</li> </ol>	Berdasarkan nilai konsentrasi Karbon Monoksida yang mendominasi Kota Bandung yaitu pada klasifikasi kelas 1 dengan besaran 4 – 4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Untuk klasifikasi pada kelas 2 dengan besaran 4,8 – 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Untuk kelas 3 dan kelas 4 dengan besaran 5,6 – 6,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan >6,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berdasarkan koefisien person maka pada bulan Juni hingga September NDVI, NDBI, dan LST memiliki korelasi kuat - cukup kuat terhadap polutan

8	Mega Santi Sekarjati, 2016	Universitas Muhammadiyah Surakarta	Analisis Pencemaran Udara Dan Pemetaan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kota Surakarta	Masalah lingkungan terjadi akibat pesatnya pembangunan adalah pencemaran udara yang diakibatkan transportasi dan industri. Di Surakarta tahun 2014 dan tahun 2015 terjadi pemantauan kualitas udara.	Analisis dan pemetaan pencemaran udara dari tahun 2013 sampai tahun 2015 di Kota Surakarta dengan sistem informasi geografis menggunakan data dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Surakarta.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hasil uji emisi kendaraan menunjukkan peningkatan tingkat kelulusan rerata untuk kendaraan bensin, dari 85% pada tahun 2011 menjadi 88% pada tahun 2012. Namun untuk kendaraan solar rerata menurun dari 47% di tahun 2011 menjadi 43% di tahun 2012.</li> <li>2. Pencemaran udara terjadi akibat peningkatan jumlah industri dan transportasi.</li> </ol>	Analisis deskriptif untuk mengetahui distribusi pencemaran udara di Kota Surakarta yang disajikan dalam bentuk peta dengan menggunakan aplikasi GIS. Analisis spasial melalui fitur overlay peta, yaitu dengan menyatukan lapisan layer yang berbeda sehingga dapat menampilkan 3 informasi atribut dari kedua peta, analisis ini untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di Kota Surakarta	Pencemaran udara di Kota Surakarta dalam tiga tahun terakhir mengalami kenaikan dan penurunan. Parameter NO <sub>2</sub> dari tahun 2013 ke tahun 2014 naik sebesar 15,4%, dan pada tahun 2014 ke tahun 2015 turun sebesar 9,4%. Parameter O <sub>3</sub> dari tahun 2013 ke tahun 2014 turun sebesar 27,57%, dan pada tahun 2014 ke tahun 2015 naik 8,7%, sedangkan pada parameter SO <sub>2</sub> dari tahun 2013 ke tahun 2014 naik sebesar 67,06%, dan dari tahun 2014 ke tahun 2015 turun sebesar 13,05%.
9	Emir Aulia, Yudi Chadirin, dan Andik Pribadi, 2022	Institut Pertanian Bogor	Analisis Sebaran SO <sub>2</sub> pada Musim Wabah Covid-19 Menggunakan Satelit Aura di	Wilayah Jabodetabek merupakan tempat berkumpulnya berbagai aktivitas yang menjadi faktor utama dalam	Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kualitas udara dalam parameter Sulfur dioksida (SO <sub>2</sub> ) yang	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berdasarkan data Air Quality Indeks (AQI) yang dirilis oleh lembaga riset kualitas udara IQAIR, PM<sub>2,5</sub> menunjukkan bahwa Provinsi DKI Jakarta memiliki kualitas sedang, Bogor dan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada penelitian menggunakan metode penginderaan jauh, didapatkan dari hasil pengukuran citra satelit Aura dengan instrumen Ozone Monitoring Instrument (OMI).</li> </ol>	Nilai rata-rata bulanan ISPU tertinggi pada tahun 2019 dengan menggunakan OMI yaitu pada bulan Januari yaitu sebesar 44. Sementara nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI terdapat pada bulan

			Wilayah Jabodetabek	mempengaruhi kualitas udara. Dengan adanya Covid-19 maka dapat mempengaruhi kualitas udara yang ada di Jabodetabek.	ada di wilayah Jabodetabek pada masa Covid-19.	Bekasi memiliki kualitas baik, Depok dan Tangerang memiliki kualitas sedang. 2. SO2 merupakan salah satu komponen polutan di atmosfer yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak bumi dan batu bara serta proses lain yang mengandung sulfat. Industri dan transportasi adalah penyumbang emisi SO2 di udara ambien.	2. Analisis spasial dan temporal konsentrasi SO2 dengan membandingkan nilai konsentrasi SO2 sebelum pemberlakuan kebijakan PSBB dan saat pemberlakuan kebijakan PSBB. 3. Overlay pengolahan data sebaran SO2 dalam peta administrasi Wilayah Jabodetabek dengan menggunakan aplikasi ArcGIS.	Juni yaitu sebesar 30. Nilai rata-rata bulanan ISPU tertinggi pada tahun 2020 dengan menggunakan OMI yaitu bulan Januari dan November 2020 dengan nilai ISPU sebesar 34. Sementara nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI pada tahun 2020 terdapat pada bulan Maret yaitu sebesar 29. Berdasarkan Permen LHK nomor 14 Tahun 2020 tentang ISPU, diketahui bahwa nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2020 dengan menggunakan OMI termasuk kategori baik
10	Teguh Dwi Mena, Wido Prananing Tyas, Risna Endah Budiati, 2019	Universitas Diponegoro dan STIKES Cendikia Utama	Kajian Dampak Lingkungan Industri Terhadap Kualitas Hidup Warga Sekitar	Kehadiran industri juga akan memberikan dampak terhadap masyarakat yang tinggal di lingkungan	Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana dampak daerah industri terhadap kualitas hidup	1. Hadirnya industri kecil di daerah pedesaan akan menjadi pendorong utama perkembangan desa. Kehadiran industri juga akan memberikan dampak terhadap masyarakat yang	Penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian berbasis survey. Pengumpulan data primer dilakukan dengan penyebaran kuesioner, wawancara dan	Dalam pengujian keterkaitan antara dampak industri terhadap lingkungan terlihat hanya beberapa indikator yang memiliki korelasi. Dampak kebisingan berkorelasi terhadap kebugaran

				permukiman di sekitarnya. Keberadaan industri besar di Kecamatan Mayong yang relatif masih baru dan belum pernah ada sebelumnya dapat mempengaruhi kehidupan warga sekitar.	warga sekitar yang berada di Kecamatan Mayong.	tinggal di lingkungan permukiman di sekitarnya. 2. Di Kecamatan Mayong sektor industri yang dominan adalah industri skala rumah tangga dan industri kecil. Jenis Industri kecil dan rumah tangga berupa industri kecil makanan dan kerajinan dari bahan baku keramik, kayu, anyaman, logam dll. Jenis industri sedang berupa industri ukir dan meubel, alat kesehatan, makanan dan minuman.	observasi lapangan sedangkan pengumpulan data sekunder dengan telaahan dokumen dan literatur yang terkait. Kemudian analisis dampak industri dilakukan untuk mengetahui dampak hadirnya industri terhadap kondisi masyarakat sekitar dengan radius 0-1 km dari lokasi industri.	responden secara sangat kuat (nilai Signifikansi = 0,966) dan kuat pada indikator hubungan personal (nilai signifikansi = 0,693). Dampak lain yang memiliki korelasi yang sangat kuat adalah hubungan antara dampak industri terhadap kualitas udara dengan kesehatan warga (Nilai signifikansi = 0,984. Meskipun hasil kuesioner menunjukkan mayoritas responden merasa belum ada dampak yang dirasakan terhadap kualitas air dengan penilaian 55% biasa saja dan 28% merasa masih baik.
--	--	--	--	---	--	--	---	---