

PERSPEKTIF QUR'AN DAN TEKNOLOGI DALAM PENILAIAN KUALITAS UDARA

Studi Kasus Kawasan Industri Pertambangan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat

Fajrin Rizqi Sabillah^{1)*}, Caesar Dewangga Duta Nirmala²⁾, St Widyastuti
Sasmita Putri³⁾, Restu Sekar Agustin⁴⁾, Iqlima Putri Justitia⁵⁾, Rizky Nur
Haryono⁶⁾, Weishaguna⁷⁾

¹⁻⁷⁾Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari No. 1, Kota Bandung
e-mail: fajrinsabillah@gmail.com¹⁾, caesardewangga2003@gmail.com²⁾,
widysasmitaputri@gmail.com³⁾, restusekar49@gmail.com⁴⁾, iqlimajustitia@gmail.com⁵⁾,
nhrizky14@gmail.com⁶⁾, igun151175@yahoo.com⁷⁾

ABSTRAK

Pencemaran udara akibat aktivitas pertambangan di Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, telah menyebabkan peningkatan konsentrasi polutan berbahaya seperti SO₂, NO₂, dan CO, yang menurunkan kualitas udara hingga kategori "berbahaya" menurut analisis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Masalah utama dalam penelitian ini adalah bagaimana memecahkan perbedaan perspektif umat Islam dan sains terkait pencemaran udara di kawasan ini. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kualitas udara berdasarkan perspektif Al-Qur'an dan teknologi modern guna mengidentifikasi strategi mitigasi yang efektif. Metodologi yang digunakan mencakup analisis data spasial menggunakan citra satelit Sentinel-5P melalui platform *Google Earth Engine* (GEE) untuk memantau perubahan kualitas udara secara temporal dari tahun 2018 hingga 2023, serta metode Maudhu'i (tematik) untuk menggali perspektif Al-Qur'an terkait pelestarian lingkungan. Inovasi penelitian ini terletak pada pendekatan integratif antara teknologi pemantauan berbasis satelit dengan prinsip-prinsip spiritual dalam Al-Qur'an, memberikan solusi berbasis data yang akurat sekaligus membangun kesadaran moral masyarakat untuk menjaga lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan di kawasan pertambangan memerlukan sinergi antara teknologi dan etika, guna mencapai keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan keberlanjutan lingkungan.

Kata Kunci: Al-Qur'an, *Google Earth Engine*, Kawasan industri Cipatat, Pencemaran udara, Teknologi satelit.

ABSTRACT

Air pollution caused by mining activities in Cipatat Sub-district, West Bandung Regency, has led to increased concentrations of hazardous pollutants such as SO₂, NO₂, and CO, degrading air quality to a "dangerous" category based on the Air Pollution Standard Index (ISPU). The main issue in this study is how to resolve the differences between Islamic and scientific perspectives on air pollution in this area. This study aims to assess air quality based on the Qur'anic and modern technological perspectives to identify effective mitigation strategies. The methodology combines spatial data analysis using Sentinel-5P satellite imagery via the Google Earth Engine (GEE) platform to monitor temporal air quality changes from 2018 to 2023 and the Maudhu'i (thematic) method to explore Qur'anic perspectives on environmental conservation. This study's innovation lies in its integrative approach, merging satellite-based monitoring technology with Qur'anic spiritual principles, offering data-driven solutions while fostering public moral awareness to safeguard the environment. The findings highlight that environmental management in mining areas requires a synergy between technology and ethics to balance economic development and environmental sustainability.

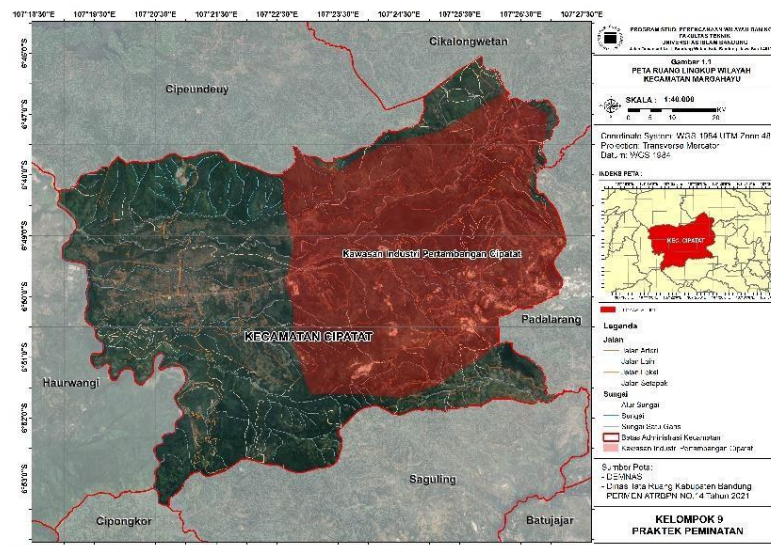
Keywords: Al-Qur'an, *Google Earth Engine*, Cipatat industrial area, Air pollution, Satellite technology.

I. PENDAHULUAN

PERMASALAHAN pencemaran udara (polusi) di kawasan industri pertambangan merupakan masalah yang besar, dapat dilihat adanya fenomena penurunan kualitas udara akibat pemanfaatan kawasan karst (batuan gamping) di Kecamatan Cipatat sebagai kawasan lindung geologi yang tidak terkontrol [1]. Adanya Kawasan Industri Pertambangan Cipatat menyebabkan bentuk gunung menjadi tidak beraturan karena dampak aktivitas pertambangan serta industri pengolah kapur yang pengelolaannya kurang baik sehingga terjadi pencemaran udara, hal tersebut dijelaskan pada QS. Ar-Rum Ayat 41 munculnya kerusakan di darat dan di laut adalah ulah manusia [2]. Selain itu, pencemaran udara di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat menyebabkan peningkatan kadar SO₂ (Sulfur Dioksida), NO₂ (Nitrogen Dioksida), dan CO (Carbon Monoksida) di udara [3]. Peningkatan kadar SO₂ disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar fosil untuk alat pengolahan material tambang, sedangkan peningkatan kadar NO₂ disebabkan oleh proses industri pertambangan berteknologi tinggi. Emisi gas buangan dari kendaraan - kendaraan berat penunjang kegiatan pertambangan meningkatkan kadar CO pada udara. Pembakaran yang kurang sempurna dapat menghasilkan gas NO_x, yang sebagian besar berubah jadi NO₂ pada suhu ruang. Emisi kendaraan sebagian besar berasal dari gas buang yang dilepaskan knalpot. Hal ini terjadi saat mesin membakar udara dan bensin, melepaskan polutan saat mesin menyala. Kadar NO_x dalam gas buang tetap tinggi saat kendaraan dinyalakan dalam keadaan dingin, dan turun saat mesin memanaskan. Dengan semakin banyaknya kendaraan maka emisi gas NO₂ yang dibuang ke udara semakin tinggi. Jumlah NO_x yang dikeluarkan kendaraan berbeda-beda tergantung pada tipenya [4].

Menurut QS. Al-Baqarah Ayat 30 menjelaskan kewajiban manusia sebagai khalifah di bumi, maka munculnya fenomena pencemaran udara dianggap sebagai pelanggaran terhadap tanggung jawab moral dan spiritual manusia sebagai khalifah untuk menjaga keseimbangan alam sebagaimana yang telah dijelaskan pada QS. Al-Araf Ayat 56 dengan maksud menjaga ciptaan-Nya untuk beribadah kepada Allah SWT (*habluminallah*) [5]. Perspektif ilmiah menekankan pada logika, efisiensi, dan penggunaan teknologi untuk mengatasi pencemaran udara dengan cara mengidentifikasi parameter pencemar yaitu SO₂, NO₂, dan CO melalui pengukuran, mengevaluasi dampak yang ditimbulkan, serta mengembangkan teknologi untuk mitigasi dan monitoring pencemaran udara.

Perspektif Qur'an mendorong manusia melakukan tindakan nyata dengan kesadaran dan landasan moral, sementara perspektif ilmiah menggunakan alat dan metode untuk menganalisis dan menangani masalah pencemaran udara secara efektif, oleh karena itu perlu adanya penilaian kualitas udara berdasarkan perspektif Qur'an dan teknologi. Salah satu upaya pengendalian kualitas udara di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat yaitu melakukan monitoring pada parameter SO₂, NO₂, dan CO secara temporal tahun 2018 – 2023 menggunakan CSRT yaitu Sentinel-5P yang diolah GEE dan membandingkannya dengan metode *maudhu'i* (tematik) untuk mengetahui cara Qur'an mengatur keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam untuk kesejahteraan manusia dan kewajiban menjaga kelestarian lingkungan [6]. Berikut adalah peta administrasi Kawasan Industri Pertambangan Kecamatan Cipatat yang terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024

Kecamatan Cipatat berada di Kabupaten Bandung Barat yang secara geografis berada pada $107^{\circ}19'51.9024''$ BT - $107^{\circ}22'34.9392''$ BT dan $-6^{\circ}49'56.7156''$ LS - $-6^{\circ}47'14.8344''$ LS. Kecamatan Cipatat memiliki luas total wilayah 12.605 ha (BPS, 2020) yang memiliki kawasan industri pertambangan seluas 5.603 ha (calculate geometry, 2024) dengan persentase 44,5% dari total luas wilayah. Jenis pertambangan tersebut diantaranya yaitu Pertambangan Batu Kapur/Gamping/Karst, Pertambangan Batu Andesit, Pertambangan Pasir, dan Pertambangan Tanah Liat. Kecamatan Cipatat memiliki batas-batas: 1) Utara: Kecamatan Cipeundeuy dan Cikalongwetan. 2) Timur: Kecamatan Padalarang. 3) Barat: Kecamatan Haurwangi. 4) Selatan: Kecamatan Saguling, Cipongkor dan Batujajar.

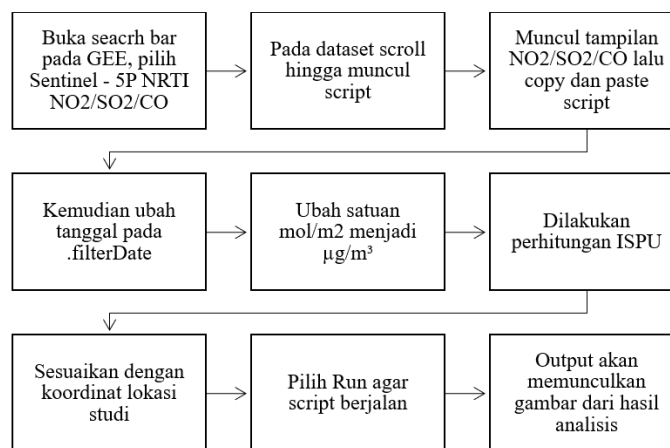
II. METODOLOGI

Aktivitas penambangan batu kapur di kawasan karst Cipatat telah menyebabkan hilangnya sumber mata air, kekeringan, dan degradasi lingkungan di sekitar pegunungan Sanghyang. Ini mengancam kebutuhan air bersih masyarakat dan sektor pertanian. Penelitian dilakukan di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat, Jawa Barat. Kolaborasi antara ESA, Komisi Eropa, Kantor Luar Angkasa Belanda, industri, penggunaan data, dan ilmuwan menghasilkan Copernicus Sentinel – 5P [7]. Pengumpulan data meliputi pengumpulan literatur tentang Citra Sentinel – 5P dari jurnal terkait, data diperoleh dari aplikasi *Google Earth Engine*, jenis data yang dipergunakan yaitu data Citra Sentinel – 5P serta data batas administrasi kawasan industri cipatat. Menurut Tamiminia dalam (Darmawan et al., 2024) penggunaan script dan penyimpanan file module dikelola dalam *Google Earth Engine Respository*. Pendekatan kuantitatif digunakan pada penelitian ini guna menganalisis perubahan kualitas udara menggunakan data Citra Sentinel [8].

Penelitian ini menggunakan metode teknik analisis data spasial menggunakan GEE dan metode maudhu'i. polutan yang diakibatkan dari berbagai aktivitas di kawasan industri pertambangan cipatat, termasuk emisi dari polutan kendaraan bermotor, industri, dan pertambangan. Dalam konteks Islam, polusi udara dianggap sebagai kerusakan lingkungan yang harus dicegah dan diperbaiki, sesuai dengan yang disebutkan pada surat Q.S. Ar-Rum ayat 41. Setelah semua data diperoleh, selanjutnya dianalisis dengan metode GEE untuk membantu pemantauan dan memberikan gambaran nyata terhadap polusi udara. Variabel yang digunakan untuk mengetahui kualitas udara diantaranya yaitu polutan kendaraan bermotor (CO₂), polutan industri (SO₂) dan polutan pertambangan

(NO₂). Output yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan yaitu berbentuk peta atau grafik yang menunjukkan persebaran konsentrasi NO₂ pada wilayah penelitian

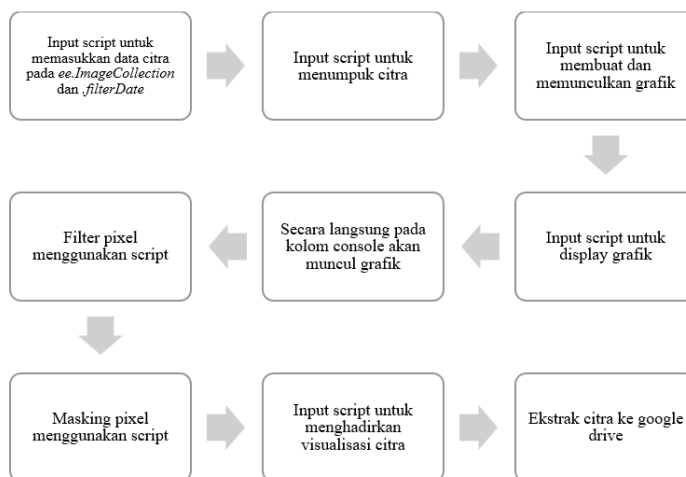
Hujan asam terjadi diakibatkan dari salah satu polutan atau yang sering disebut NO₂, serta hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas juga menjadi sumber utama dari NO₂ [9]. Data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode Citra Sentinel. Citra Sentinel – 5P diproses dan diperoleh melalui platform *Google Earth Engine (GEE)*. Dalam GEE Citra Sentinel ini biasa digunakan untuk menganalisis kualitas udara dan kondisi polusi udara secara temporal [10]. Dengan dilakukannya analisis NO₂ menggunakan Citra Sentinel – 5P pada penelitian ini membantu pemantauan dan memberikan gambaran nyata terhadap polusi udara, serta penggunaan Citra Sentinel – 5P ini jauh lebih efisien. Pemanfaatan GEE ini diharapkan dapat menjadi keputusan baik sesuai data yang akurat dan terkini mengenai kualitas udara pada kawasan industri pertambangan Cipatat. Berikut langkah-langkah menganalisis NO₂ secara langsung menggunakan citra sentinel yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur tahapan analisis NO₂, SO₂, dan CO melalui Citra Sentinel – 5P GEE

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024

Terdapat dua jenis format yang tersedia pada Citra Sentinel – 5P yaitu NRTI (Near Real Time) dan OFFL (Offline). Setelah data NO₂, SO₂, CO dikumpulkan melalui citra sentinel langkah selanjutnya adalah menganalisis NO₂ yang dilakukan secara temporal untuk mengetahui perubahan kualitas udara dari waktu ke waktu menggunakan citra sentinel. Data yang didapatkan kemudian diolah untuk menghasilkan citra yang nantinya menunjukkan konsentrasi NO₂. Pada proses ini data mentah di konversi menjadi format yang mudah dipahami dan dianalisis, seperti pixel warna yang menggambarkan konsentrasi gas. Output yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan yaitu berbentuk peta atau grafik yang menunjukkan persebaran konsentrasi NO₂ pada wilayah penelitian. Pada saat dilakukannya analisis NO₂ secara temporal ini dengan rentang waktu yang telah ditentukan. Gambar 3 berikut menyajikan tahapannya:



Gambar 3. Diagram alur tahapan analisis NO2 secara temporal

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024

Analisis data satelit untuk NO2 dilakukan pada sembilan langkah. Pertama, script dimasukkan untuk mendapatkan data citra dengan menggunakan ee.ImageCollection dan filterDate untuk dapat memilih jangka waktu. Pada saat memasukkan data citra sentinel dilakukan berulang kali hingga jangka waktu yang ditentukan. Langkah kedua, script dimasukkan agar citra menumpuk. Langkah ketiga, menginput script dengan tujuan untuk membuat grafik dan memunculkan grafik, serta menampilkan visual, lalu pada kolom console secara otomatis grafik akan muncul. Langkah keempat, script digunakan untuk memfilter pixel dan masking pixel dengan menggunakan script, pada tahap ini dilakukan berulang hingga rentang waktu yang telah ditentukan. Langkah kelima, script dimasukkan untuk memunculkan visualisasi dari citra yang diperoleh dengan tahapan pelaksanaan dilakukan berulang dengan rentang waktu yang ditentukan. Langkah terakhir, setelah dianalisis selesai citra kemudian di ekstrak ke dalam Google Drive dan pada platform pilih “Run”, maka secara otomatis citra tersebut akan terdownload dan tersimpan di Google Drive dengan format Geotiff.

Tabel 1. Variabel empiris

| Variabel | Indikator Udara | Ayat Al-Qur'an |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Polutan Kendaraan bermotor | CO (Carbon Monoksida) | Qur'an Surat An-Nahl ayat 8 |
| Polutan Industri | SO ² (Sulfur Dioksida) | Qur'an Surat An-Nahl ayat 80 |
| Polutan Pertambangan | NO ² (Nitrogen Dioksida) | Qur'an Surat Al-A'raf 56 |

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024

Selanjutnya, tahap analisis akan dilanjutkan menggunakan metode pembobotan dan pengklasifikasian berdasarkan standar ISPU. ISPU merupakan singkatan dari Indeks Standar Pencemaran Udara, yang digunakan untuk mengukur kualitas udara berdasarkan konsentrasi polutan tertentu di udara. ISPU merupakan indikator yang penting untuk menilai sejauh mana udara di suatu daerah terkontaminasi oleh polutan. ISPU merupakan angka tanpa satuan yang menunjukkan keadaan mutu udara ambien di suatu wilayah tertentu berdasarkan dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan makhluk hidup lain, sebagaimana dalam PerMen Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 terkait ISPU. Parameter ISPU meliputi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), hidrokarbon (HC), dan partikulat (PM₁₀ dan PM_{2,5}) seperti pada Gambar 4 berikut.

| ISPU | 24 Jam PM10 (µg/m ³) | 24 Jam PM2.5 (µg/m ³) | 24 Jam SO ₂ (µg/m ³) | 24 Jam CO (µg/m ³) | 24 Jam O ₃ (µg/m ³) | 24 Jam NO ₂ (µg/m ³) | 24 Jam HC (µg/m ³) |
|-----------|--|---|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| 0 - 50 | 50 | 15,5 | 52 | 4000 | 120 | 80 | 45 |
| 51 - 100 | 150 | 55,4 | 180 | 8000 | 235 | 200 | 100 |
| 101 - 200 | 350 | 150,4 | 400 | 15000 | 400 | 1130 | 215 |
| 201 - 300 | 420 | 250,4 | 800 | 30000 | 800 | 2260 | 432 |
| >300 | 500 | 500 | 1200 | 45000 | 1000 | 3000 | 648 |

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM2.5) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM10), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

Gambar 4. Tabel Konversi Nilai Konsentrasi

Sumber: ditppu.menlhk, 2024.

Nilai batas atas dan batas bawah ISPU, ambien batas atas, ambien batas bawah, serta konsentrasi ambien hasil pengukuran digunakan dalam menghitung ISPU. ISPU dapat dihitung menggunakan persamaan matematika berikut:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

Dimana,

I = ISPU terhitung I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas (µg/m³) X_b = Konsentrasi ambien batas bawah (µg/m³)

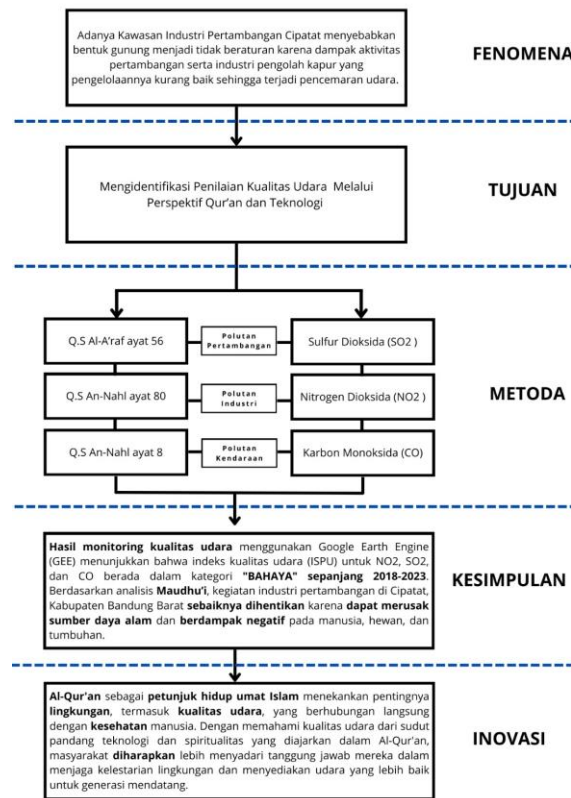
X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

| Rentang | Kategori | Penjelasan |
|---------|--------------------|---|
| 1-50 | Baik | Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan |
| 51-100 | Sedang | Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan. |
| 101-200 | Tidak Sehat | Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan. |
| 201-300 | Sangat Tidak Sehat | Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar |
| 301+ | Berbahaya | Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat. |

Gambar 5. Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Sumber: ditppu.menlhk, 2024

Berikut adalah kerangka berfikir dari penelitian berisikan seluruh substansi yang berkaitan:

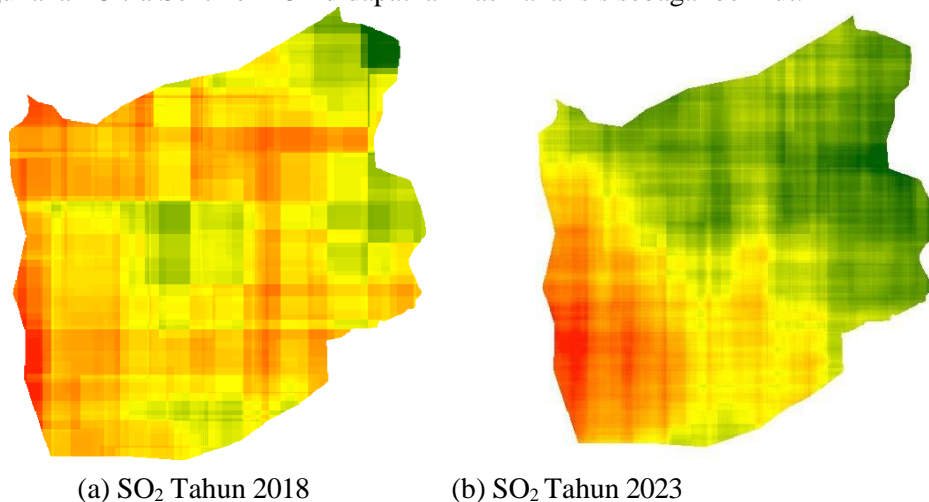


Gambar 6. Kerangka Berpikir
Sumber: Hasil Analisis Kelompok, 2024

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sulfur Dioksida (SO₂)

Berdasarkan hasil monitoring kadar Sulfur Dioksida (SO₂) pada tahun 2018 – 2023 di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat melalui platform *Google Earth Engine (GEE)* menggunakan Citra Sentinel – 5P didapatkan hasil analisis sebagai berikut.



Klasifikasi Konsentrasi SO₂ (mol/m²)

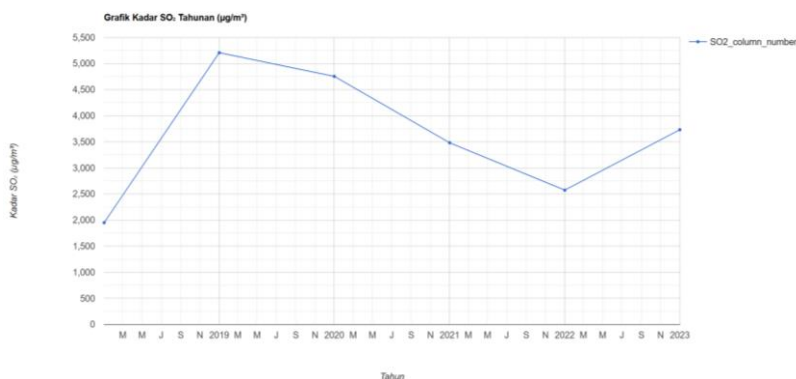
- Rendah (0 - 0.000066)
- Sedang (0.000066 - 0.000133)
- Tinggi (0.000133 - 0.0002)

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, ditemukan adanya perbedaan konsentrasi SO₂ di udara pada kawasan Cipatat. Pada tahun 2018, kadar SO₂ cenderung terdistribusi secara merata ke seluruh arah, sementara pada tahun 2023, konsentrasi SO₂ lebih terfokus pada satu titik saja. Perubahan pola penyebaran ini mengindikasikan potensi sumber emisi baru atau peningkatan aktivitas industri tertentu yang perlu segera diidentifikasi dan dikendalikan. Hal ini tentu berbahaya jika area terdampak terus menerus terkena pengaruh buruk dari kadar SO₂ yang tinggi atau diluar ambang batas aman.

Hasil Perhitungan setelah dikonversi dari satuan mol/m², menjadi µg/m³ menggunakan ISPU:

$$\frac{\text{Konsentrasi SO}_2 \text{ dalam mol/m}^2 \times 64.066 \times 10^6}{0.0224}$$

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan menghasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Konsentrasi SO₂ di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat Tahun 2018-2023

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024.

Berdasarkan grafik, dapat diketahui bahwa kadar SO₂ mengalami lonjakan signifikan pada tahun 2019, yang kemudian menurun hingga mencapai titik terendah pada tahun 2022, dan kemudian meningkat kembali pada tahun 2023. Kadar SO₂ tertinggi tercatat pada 2019, sementara pada tahun 2022 kadar SO₂ mengalami penurunan yang cukup tajam dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Secara keseluruhan, kadar SO₂ menunjukkan fluktuasi selama periode 2018 hingga 2023, dengan puncaknya terjadi pada 2019 yang kemudian mengalami penurunan yang konsisten hingga 2022. Oleh sebabnya Allah berfirman kepada umat manusia yang tertuang dalam Q.s An-Nahl ayat 80, yang mengingatkan kita bahwa segala ciptaan-Nya, termasuk sumber daya alam, harus dimanfaatkan dengan bijak dan tidak disalahgunakan.

Sulfur Dioksida (SO₂) sebagai Polutan Industri dalam perspektif Al-Qur'an

Industri dalam perspektif islam telah ada, dan telah Allah SWT jelaskan melalui Al-Quran. Namun dengan industri yang sekarang, akan jauh bandingannya apabila dilihat dengan teknologi yang sudah ada. Ayat nya yaitu QS. An-Nahl:80:

وَاللّٰهُ جَعَلَ لَكُمْ مِّنْ بُيُوتِكُمْ سَكَنًا وَجَعَلَ لَكُمْ مِّنْ جُلُودِ الْاَنْعَامِ بُيُوتًا
تَسْتَحْفُوْنَهَا يَوْمَ ظَعْنِكُمْ وَيَوْمَ اِقَامَتِكُمْ وَمِنْ اَصْوَابِهَا وَأَوْبَارِهَا وَأَشْعَارِهَا اَثَاثًا
وَمَتَاعًا اِلَى حِيْنٍ ﴿٨٠﴾

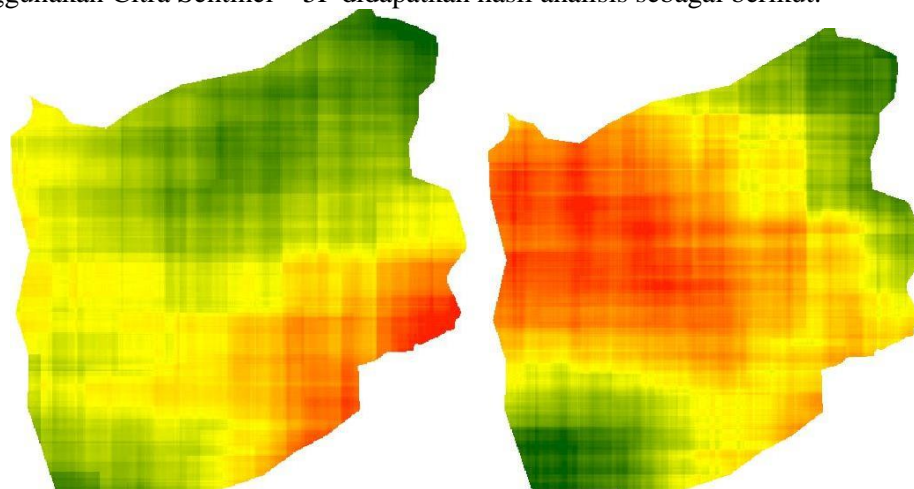
Artinya :

Allah menjadikan bagimu rumah sebagai tempat tinggal dan Dia menjadikan bagimu dari kulit binatang ternak (sebagai rumah (kemah) yang kamu merasa ringan (membawa)-nya pada waktu kamu bepergian dan bermukim. (Dijadikan-Nya pula) dari bulu domba, bulu unta, dan bulu kambing peralatan rumah tangga serta kesenangan sampai waktu (tertentu). Menurut Tafsir Wajiz, setelah Allah menyebutkan burung-burung di langit sebagai tanda kekuasaan-Nya dalam sejumlah ayat sebelumnya, Dia juga memperlihatkan sejumlah manfaat-Nya dalam ayat-ayat berikutnya, yang selalu dapat dirasakan langsung oleh manusia. Allah berfirman, "Dan Allah menjadikan bagi kamu rumah-rumah yang kamu bangun dari berbagai bahan yang telah Allah sediakan untuknya, seperti tanah, batu, besi, dan kayu; Allah menjadikannya tempat tinggal yang memberikan ketenangan bagimu dari berbagai gangguan mental dan fisik. Selain itu, Allah telah menciptakan bagi kalian tempat tinggal berupa tenda-tenda yang khusus dibuat dari kulit hewan ternak, termasuk unta, sapi, kambing, dan hewan-hewan halal lainnya. Tenda-tenda ini ringan dan mudah dibawa ke mana-mana. Selain itu, perlu diingat bahwa Allah telah menciptakan bagi kalian perhiasan seperti dompet, sepatu, dan tas serta perabotan seperti keset, tempat air, dan bulu domba, unta, dan kambing yang akan memberikan kalian kesenangan untuk sementara waktu.

Tafsiran tersebut memiliki keterkaitan dengan industri pada pengolahan yang berbunyi "Dan ingat pula bahwa Allah juga menjadikan bagi kamu dari bulu domba, bulu unta, dan bulu kambing, alat-alat rumah tangga, seperti alas lantai, tikar, wadah air dan menjadi perhiasan-perhiasan, seperti tas, sepatu, dan dompet, yang dapat memberi kesenangan bagi kalian sampai waktu tertentu" bahwa industri telah ditemukan sejak dulu dengan keterbatasan teknologi yang ada. Namun tetap mengedepankan kebutuhan yang utama. Hingga saat ini industri telah berkembang dengan hasil yang digunakan dalam kebutuhan kehidupan. Baik kebutuhan primer ataupun sekunder.

2. Nitrogen Dioksida (NO₂)

Berdasarkan hasil monitoring kadar Nitrogen Dioksida (NO₂) pada tahun 2018 – 2023 di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat melalui platform *Google Earth Engine (GEE)* menggunakan Citra Sentinel – 5P didapatkan hasil analisis sebagai berikut.



Klasifikasi Konsentrasi NO₂: (mol/m³)

| | |
|---|------------------------------------|
| ■ | Sangat Rendah (0 - 0.000028) |
| ■ | Rendah (0.000028 - 0.000057) |
| ■ | Sedang (0.000057 - 0.000085) |
| ■ | Menengah (0.000085 - 0.000114) |
| ■ | Cukup Tinggi (0.000114 - 0.000143) |
| ■ | Tinggi (0.000143 - 0.000171) |
| ■ | Sangat Tinggi (0.000171 - 0.0002) |

(c) NO₂ Tahun 2018

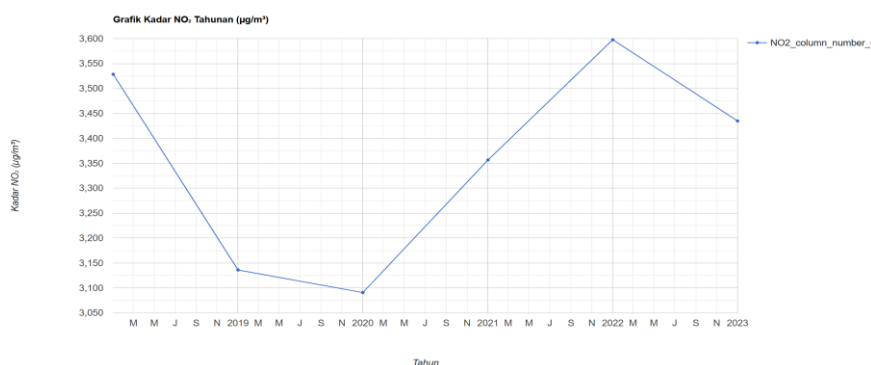
(d) NO₂ Tahun 2023

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kadar NO₂ di udara pada tahun 2018 masuk dalam kategori Sangat Tinggi, jumlahnya lebih sedikit. Namun, pada tahun 2023, kadar NO₂ mengalami peningkatan dan menyebar hampir ke seluruh wilayah Cipatat dengan kategori yang sangat tinggi dan berbahaya.

Hasil Perhitungan setelah dikonversi dari satuan mol/m², menjadi µg/m³ menggunakan ISPU:

$$\frac{\text{Konsentrasi NO}_2 \text{ dalam mol/m}^2 \times 64.066 \times 10^6}{0.0224}$$

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan menghasilkan grafik sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Konsentrasi NO² di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat Tahun 2018 - 2023

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024.

Berdasarkan grafik pada gambar 8 di atas, dapat diketahui bahwa kadar NO₂ menunjukkan fluktuasi yang signifikan selama periode 2018 hingga 2023. Pada tahun 2018, kadar NO₂ berada pada level yang relatif tinggi, sekitar 3,500 µg/m³, kemudian mengalami penurunan drastis pada tahun 2020, dengan kadar yang jauh lebih rendah. Setelah itu, pada tahun 2021, kadar NO₂ mulai menaik kembali, mencapai titik tertinggi pada tahun 2022, dan kemudian sedikit menurun pada tahun 2023. Oleh sebabnya Allah berfirman kepada umat manusia yang tertuang dalam Q.s Al-A'raf ayat 56 yang menegaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu untuk kemaslahatan manusia, namun kita harus berperilaku adil dan bertanggung jawab agar tidak merusak ciptaan-Nya.

Nitrogen Dioksida (NO²) sebagai Polutan Pertambangan dalam Perspektif Al-Qur'an

Pertambangan merupakan kegiatan menggali serta memanfaatkan sumber daya alam di bumi. Kegiatan-kegiatan yang tidak dijelaskan oleh Allah SWT dengan rinci pada Al-Quran Q.s Al-A'raf ayat 56, ditakhsis melalui hadist yang diriwayatkan oleh Muslim nomor 2363 dengan bunyi "Kamu lebih mengetahui urusan duniamu". Menjelaskan bahwa melakukan kegiatan-kegiatan manusia diperbolehkan dengan manfaat dan fungsi yang ada. Dengan banyaknya pertambangan saat ini di Indonesia juga banyaknya kegiatan tambang ilegal yang merusak lingkungan, maka kegiatan tersebut dapat disebut dzalim (pada beberapa kasus). Apabila dilihat bagaimana manusia dapat melakukan kegiatan

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ

قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

tambang, sebenarnya Allah- lah yang memberi ilmu dan petunjuk. Namun perlu diingat bahwa Allah juga berfirman pada Al-Quran Q.s Al-A'raf ayat 56 dengan bunyi :

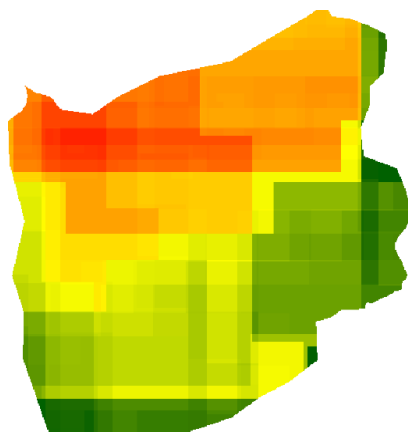
Artinya :

“Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik.”

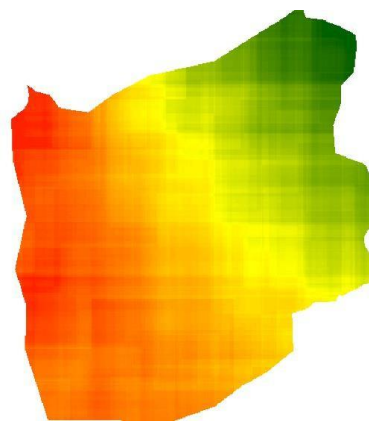
Dengan penjelasan tadi akan banyaknya kasus pertambangan, maka ayat ini menjadi pengingat dalam kegiatan pertambangan. Dimana Allah telah melarang dengan tingkat hukum wajib dan tidak ada pengecualaian dalam melarang melakukan kerusakan di muka bumi.

3. Karbon Monoksida (CO)

Berdasarkan hasil monitoring kadar Karbon Monoksida (CO) pada tahun 2018 – 2023 di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat melalui platfrom *Google Earth Engine* (GEE) menggunakan Citra Sentinel – 5P didapatkan hasil analisis sebagai berikut.



(e) CO Tahun 2018



(f) CO Tahun 2023

Klasifikasi Konsentrasi CO (mol/m²)

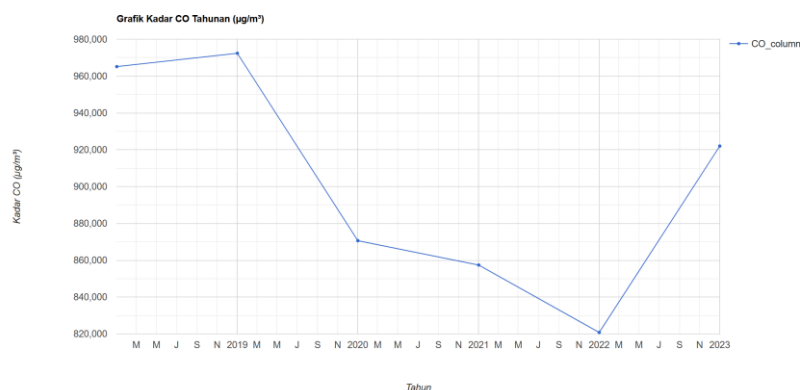
| |
|--------------------------------|
| ■ Rendah (0 - 0.000066) |
| ■ Sedang (0.000066 - 0.000133) |
| ■ Tinggi (0.000133 - 0.0002) |

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi CO pada tahun 2018 dan 2023 menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada tahun 2018, konsentrasi CO dengan klasifikasi Tinggi masih relatif rendah, namun pada tahun 2023, terjadi peningkatan drastis pada konsentrasi CO yang masuk dalam klasifikasi sedang hingga tinggi yang menyebabkan konsentrasi CO di wilayah Cipatat menjadi berbahaya, dapat mengancam bagi kesehatan pernafasan dan kualitas udara disekitar.

Hasil Perhitungan setelah dikonversi dari satuan **mol/m²**, menjadi **µg/m³** menggunakan ISPU:

$$\frac{\text{Konsentrasi CO dalam mol/m}^2 \times 28.01 \times 10^6}{0.0224}$$

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan menghasilkan grafik sebagai berikut:



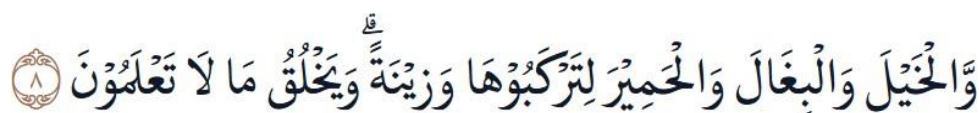
Gambar 9. Grafik Konsentrasi CO di Kawasan Industri Pertambangan Cipatat Tahun 2018 - 2023

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024.

Berdasarkan grafik pada gambar 9, kadar CO menunjukkan fluktuasi yang signifikan, hal ini terlihat dengan CO di udara pada tahun 2019 mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Namun, pada tahun 2020, kadar CO mengalami penurunan drastis yang cukup signifikan, dan terus menurun hingga tahun 2021. Pada tahun 2022, kadar CO kembali meningkat tajam hingga mencapai level yang lebih tinggi dari sebelumnya. Oleh sebabnya Allah berfirman kepada umat manusia yang tertuang dalam Q.s An-Nahl ayat 8 yang menjadi sebuah peringatan akan tanggung jawab manusia untuk memanfaatkan sarana transportasi dengan bijak agar tidak merusak lingkungan.

Karbon Dioksida (CO) sebagai Polutan Kendaraan dalam Perspektif Al-Qur'an

Pada mulanya, kendaraan yang ada dan digunakan sekarang, telah Allah SWT jelaskan terlebih dahulu sebelum adanya kemajuan teknologi melalui Q.S An-Nahl ayat 8 yang berbunyi :



Artinya :

“(Dia telah menciptakan) kuda, bagal, dan keledai untuk kamu tunggangi dan (menjadi) perhiasan. Allah menciptakan apa yang tidak kamu ketahui.”

Menurut tafsir Wajiz, Dia (Allah) telah menciptakan bagimu keledai, bagal (hewan hasil perkawinan kuda dan keledai), dan kuda. Allah menjadikan semuanya itu sebagai perhiasan dan tungganganmu. Allah menjadikan bagimu apa yang telah kamu ketahui dan apa yang belum kamu ketahui, tetapi kelak kamu akan mengetahui manfaat dan kegunaannya.

Dilihat dengan teknologi transportasi yang ada sekarang, semua transportasi mendapatkan inovasi melalui hewan-hewan. Seperti pesawat yang sekarang menjadi transportasi udara, didapatkan ide melalui burung, kapal selam dengan ikan paus, juga hewan lainnya. Namun apabila dilihat melalui fungsi, maka kendaraan akan sama fungsinya sebagai moda dalam melakukan perjalanan. Seiring perjalanannya zaman, banyak moda yang berfungsi sebagai fungsinya, namun melakukan kerusakan pada lingkungan. Kendaraan tersebut mengeluarkan polusi yang berdampak negatif pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Allah melaknat orang-orang yang melakukan kezaliman kepada sesama manusia. Dzalim

disini yaitu pada operasional kendaraan yang telah melewati uji kelayakan, namun tidak dirawat hingga baik hingga mengeluarkan polusi yang dapat memberikan penyakit terhadap sesama manusia. Arti pada Firman Allah SWT yaitu “Sesungguhnya orang-orang yang kafir dan melakukan kezaliman, Allah tidak akan mengampuni mereka, dan tidak (pula) akan menunjukkan kepada mereka (jalan lurus.” (QS An-Nisa: 168).

Berdasarkan hasil analisis dan klasifikasi ISPU didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis konsentrasi kualitas udara

| Tahun | Kadar CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Kadar NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Kadar SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Kategori CO | Kategori NO2 | Kategori SO2 |
|-------|--|---|---|----------------|-----------------|-----------------|
| 2018 | 965114.40 | 3528.38 | 1950.57 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |
| 2019 | 972375.80 | 3136.11 | 5207.18 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |
| 2020 | 870620.55 | 3090.82 | 4754.10 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |
| 2021 | 857412.26 | 3356.56 | 3481.20 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |
| 2022 | 820811.97 | 3597.66 | 2573.40 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |
| 2023 | 921990.99 | 3434.80 | 3731.37 | Berbahaya | Berbahaya | Berbahaya |

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan dengan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$, diketahui bahwa pada setiap tahunnya kualitas udara di Kawasan Industri Pertambangan termasuk kedalam kategori “BERBAHAYA”. Hasil tersebut menunjukkan adanya ketidak seimbangan kualitas hidup yang ada dimuka bumi ini yang mengakibatkan banyak kerugian yang dirasakan oleh makhluk hidup didalamnya, akibat dampak dari ulah tangan manusia. Dampak buruk ini juga menimbulkan biaya ekonomi yang signifikan, baik melalui peningkatan beban kesehatan masyarakat maupun kerusakan ekosistem. Namun, perlu menjadi perhatian bahwa konversi dari mol/m^2 ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tidak bersifat linear tanpa tambahan data vertikal atmosfer. Oleh karena itu, hasil perhitungan ini mungkin belum sepenuhnya valid. Perhitungan ini dilakukan langsung di *Google Earth Engine* (GEE) tanpa melibatkan survei lapangan atau data atmosfer yang lebih lengkap dan terperinci.

IV. KESIMPULAN

Perbedaan perspektif dipecahkan melalui metode maudhui dan analisis data spasial melalui kesamaan antara teknologi dengan Al’Quran, dapat dilihat bahwa terdapat kesamaan yang mendalam antara nilai-nilai yang diajarkan dalam Al-Qur’an dan teknologi modern dalam menilai dan memahami kualitas udara, meskipun keduanya berasal dari perspektif yang berbeda. Al-Qur’an mengajarkan umat manusia untuk menjaga kebersihan dan kelestarian bumi, yang mencakup pentingnya menjaga kualitas udara. Kualitas udara di kawasan pertambangan cipatat memiliki hasil negatif yang artinya berbahaya dengan tingkat polusi yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, sehingga akan menyebabkan ketidak seimbangan kualitas hidup. Al-Qur’an memberikan landasan moral dan spiritual untuk mencegah kerusakan tersebut dan mengajak umat manusia untuk bertanggung jawab menjaga bumi.

V. REKOMENDASI

Di tengah perkembangan teknologi yang pesat, masyarakat sering kali lebih bergantung pada alat dan teknologi untuk mengukur dan memahami kualitas udara, seperti menggunakan aplikasi atau perangkat sensor. Namun, sangat penting untuk mengingat bahwa Al-Qur’an, sebagai petunjuk hidup bagi umat Islam, juga memberikan gambaran yang mendalam mengenai pentingnya lingkungan, termasuk udara, yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia. Dengan memahami kualitas udara tidak hanya dari sisi teknologi, tetapi juga melalui perspektif spiritual yang diajarkan dalam Al-Qur’an,

masyarakat dapat lebih menyadari tanggung jawab mereka dalam menjaga kelestarian lingkungan dan udara yang lebih baik bagi generasi mendatang. Pendakwah hanya berfokus pada penyampaian ajaran agama melalui perspektif Al-Qur'an dan Sunnah, yang memang memuat nilai-nilai penting mengenai pelestarian alam. Namun, terkadang, pendakwah kurang memanfaatkan perkembangan teknologi modern yang dapat memperdalam pemahaman masyarakat mengenai kualitas udara dan dampak pencemarannya terhadap kesehatan, dengan memahami dan memanfaatkan teknologi yang ada, pendakwah dapat menyampaikan pesan yang lebih relevan dan konkret kepada masyarakat.

VI. REFERENSI

- [1] Pemerintah Pusat Indonesia, "Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional." Jakarta: Pemerintah Pusat Indonesia, 2008.
- [2] F. A. Faikar and C. Chamid, "Kajian Dampak Kegiatan Industri Pertambangan Batu Gamping di Desa Citatah Kecamatan Cipatat Kabupaten Bandung Barat," 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214210398>
- [3] T. S. Anggraini, F. Artaningh, E. Sihotang, A. Sakti, and A. Agustan, "Variasi Emisi Gas Nitrogen Dioksida saat Pembatasan Sosial Berskala Besar di Provinsi Jawa Barat dari Pengolahan Data Sentinel-5P," *J. Penginderaan Jauh Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 19–24, Aug. 2020.
- [4] R. Rofienda, "Dampak Negatif Pencemaran Nitrogen Dioksida, Usaha Pencegahan dan Penanggulangannya," *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 26, no. 1, pp. 26–31, 2009.
- [5] S. Handayani, "Hexagon Sustainability: Dekonstruksi Pentuple Bottom Line," *J. Reviu Akunt. dan Keuang.*, vol. 13, no. 3, 2023, doi: 10.22219/jrak.v13i3.26024.
- [6] Laboratorium Perpetaan UNISBA, "Modul Sistem Informasi Perencanaan Laboratorium Perpetaan Unisba." 2024.
- [7] F. Fahmi, "Hubungan Tingkat Kemacetan Lalu Lintas Terhadap Sebaran Spasial dan Temporal Nilai Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) di Jalan Raya Muchtar, Kota Depok.," FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2023.
- [8] R. Darmawan, S., Nurulhakim, N. N., Hernawati, "Kecerdasan Buatan berbasis Geospasial (GeoAI) menggunakan Google Earth Engine untuk Monitoring Fenomena Urban Heat Island di Indonesia," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 12, no. 2, p. 303, 2024, doi: 10.26760/elkomika.v12i2.303.
- [9] R. K. H. Putro, "Uji Coba Pemantauan No₂ Dari Satellite Gome-2 Metop B Untuk Pembuatan Model No₂ Ambien Dan Penggunaan Lahan," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [10] A. Sugiarto, M., Widiarti, W., Aji, W., Kristanto, D., Renata, A., & Yudono, "Pemodelan Dispersi Gas SO₂ dan NO₂ Dari Cerobong PLTSA Merah Putih, Bantargebang, Bekasi, Jawa Barat Menggunakan AERMOD View.," *Pros. Semin. Nas. Tek. Lingkung. Kebumihan SATU BUMI*, vol. 5, no. 1, 2024, doi: 10.31315/psb.v5i1.11636.