## LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA 4

# ATMOSFER

LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA (LKM) KIMIA LINGKUNGAN DENGAN STRATEGI PEMBELAJARAN COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING YANG MENGINTEGRASIKAN SOCIOSCIENTIFIC ISSUE

**IDENTITAS**

Kelompok :

Anggota

1.

2.

3.

4.

LIVEWORKSHEETS

# LEMBAR KEGIATAN MAHASISWA (LKM) KIMIA LINGKUNGAN DENGAN STRATEGI PEMBELAJARAN *COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING* YANG MENGINTEGRASIKAN *SOCIOSCIENTIFIC ISSUE*

## A. Tujuan Lembar Kegiatan

Lembar kegiatan ini dirancang untuk membantu mahasiswa dalam memahami dan menerapkan konsep kimia lingkungan melalui strategi *Collaborative Problem Solving*. Mahasiswa akan bekerja dalam kelompok untuk menganalisis, mendiskusikan, dan menyelesaikan permasalahan lingkungan yang relevan dengan ilmu kimia lingkungan.

## B. Petunjuk Pengerjaan

1. Pembentukan Kelompok
   a. Mahasiswa akan dibagi menjadi beberapa kelompok kecil (5-6 orang per kelompok).
   b. Setiap kelompok akan diberikan isu sosiosaintifik yang berkaitan dengan kimia lingkungan untuk dianalisis.
   c. Setiap anggota kelompok diharapkan berkontribusi secara aktif dalam diskusi dan penyelesaian masalah.
2. Seluruh aktivitas mahasiswa dalam memecahkan permasalahan dilakukan secara berkelompok dan mengikuti pada tahapan sebagai berikut.
   a. Representasi Permasalahan SSI
      Di dalam lembar kegiatan mahasiswa dipaparkan wacana *socioscientific issue.* Pada tahap ini, mahasiswa berkolaborasi dalam kelompok untuk dapat mendefinisikan masalah dalam wacana tersebut.
   b. Penentuan Peran dan Tanggung Jawab Anggota Kelompok
      Mahasiswa menetapkan peran yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan dan menentukan anggota kelompok yang bertanggung jawab atas peran tersebut.
   c. Penentuan Solusi Permasalahan
      Selanjutnya, mahasiswa berkolaborasi untuk menyusun pemecahan masalah sesuai permasalahan yang teridentifikasi.
   d. Penyusunan Justifikasi
      Pada tahap ini, mahasiswa berkolaborasi untuk menyusun justifikasi atas solusi permasalahan yang telah disusun.
   e. Evaluasi Solusi SSI
      Selanjutnya, mahasiswa mengevaluasi solusi permasalahan yang telah disusun melalui kolaborasi dengan anggota kelompok.
3. Setelah selesai mengerjakan lembar kegiatan, mahasiswa mempresentasikan hasil diskusi, menyimpulkan materi pembelajaran, dan diminta untuk melakukan refleksi mengenai proses pembelajaran yang telah mereka lalui.

LIVEWORKSHEETS

# Kegiatan Pembelajaran 6 dan 7
# ATMOSFER

## TUJUAN PEMBELAJARAN

**CPMK**
Mampu menganalisis terjadinya pencemaran udara, air dan tanah serta mengetahui cara penanggulangannya.

**Sub CPMK 3**
Mahasiswa mampu menganalisis sifat kimia atmosfer, kualitas udara, dan pencemaran udara serta penyebabnya

**Indikator**
3.1 Menganalisis komposisi lapisan atmosfer dan sifat kimia atmosfer.
3.2 Menganalisis partikulat atmosfer dan kualitas udara

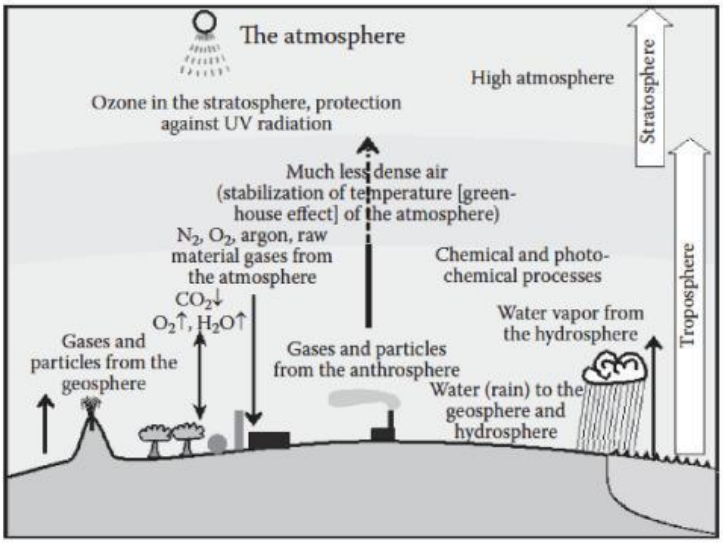
**Kemampuan Akhir yang Diharapkan:**
Melalui implementasi strategi pembelajaran CPS yang mengintegrasikan SSI, mahasiswa mampu menganalisis dan memecahkan masalah terkait komposisi lapisan atmosfer, sifat kimia atmosfer, partikulat atmosfer, dan kualitas udara.

## MATERI PEMBELAJARAN

### KIMIA ATMOSFER

Atmosfer merupakan lapisan gas yang mengelilingi Bumi dan terjaga oleh gravitasi. Atmosfer adalah lapisan gas di atas permukaan Bumi. Meskipun atmosfer membentang hingga ratusan kilometer di atas permukaan, sebagian besar massanya hanya berada dalam jarak beberapa kilometer dari permukaan Bumi. Atmosfer berfungsi sebagai sumber beberapa bahan penting; melindungi kehidupan di Bumi dari radiasi elektromagnetik yang mematikan; mengangkut air sebagai bagian dari siklus hidrologi; berpartisipasi dalam siklus karbon, oksigen, dan sulfur; dan merupakan bagian penting dari modal alam Sistem Bumi. Atmosfer memiliki beberapa lapisan, di antaranya troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer, dan eksosfer, masing-masing dengan karakteristik unik. Gambar 5 menunjukkan dua lapisan atmosfer yang lebih rendah dan paling penting adalah troposfer dan stratosfer. Lapisan ini terdiri dari sejumlah campuran gas- gas, termasuk nitrogen, oksigen, argon, dan sejumlah gas lainnya dalam proporsi yang berbeda. Namun, atmosfer juga rentan terhadap pencemaran udara, yaitu ketika bahan-bahan kimia dan partikel berbahaya tercampur dalam udara yang kita hirup.

LIVEWORKSHEETS




**Gambar 5.** Lapisan atmofer terendah

**Struktur Atmosfer**

Atmosfer adalah lapisan gas yang mengelilingi planet, termasuk Bumi. Struktur atmosfer Bumi terdiri dari beberapa lapisan berbeda, yaitu:

- Troposfera: Troposfera adalah lapisan terbawah dari atmosfer, membentang dari permukaan Bumi hingga ketinggian rata-rata sekitar 8 hingga 15 kilometer (5 hingga 9 mil) di dekat kutub dan sekitar 10 hingga 16 kilometer (6 hingga 10 mil) di dekat khatulistiwa. Lapisan ini mengandung hampir semua fenomena cuaca dan tempat di mana kita tinggal dan bernapas. Suhu umumnya menurun seiring dengan kenaikan ketinggian di troposfera.
- Stratosfera: Stratosfera terletak di atas troposfera dan membentang dari bagian atas troposfera hingga ketinggian sekitar 50 kilometer (31 mil). Di lapisan ini, suhu umumnya meningkat dengan ketinggian karena adanya lapisan ozon. Lapisan ozon menyerap sejumlah besar radiasi ultraviolet (UV) dari Matahari, yang memanaskan stratosfera.
- Mesosfera: Mesosfera adalah lapisan di atas stratosfera dan membentang dari sekitar 50 hingga 85 kilometer (31 hingga 53 mil) ketinggian. Di lapisan ini, suhu menurun seiring dengan kenaikan ketinggian, mencapai suhu yang sangat rendah. Mesosfera merupakan wilayah di mana meteor terbakar saat memasuki atmosfer Bumi.
- Termosfera: Termosfera terletak di atas mesosfera dan membentang dari sekitar 85 kilometer (53 mil) hingga sekitar 600 kilometer (373 mil) atau lebih. Lapisan ini ditandai oleh peningkatan suhu yang signifikan dengan ketinggian karena penyerapan radiasi ultraviolet ekstrem dan sinar-X dari Matahari. Meskipun suhu tinggi, termosfera tidak akan terasa panas bagi pengamat manusia karena kepadatan partikel yang sangat rendah.
- Eksosfera: Eksosfera adalah lapisan paling luar dari atmosfer Bumi. Membentang dari bagian atas termosfera hingga batas antariksa. Eksosfera ditandai oleh kepadatan yang sangat rendah dan keberadaan beberapa atom dan molekul yang dapat melarikan diri ke luar angkasa.

LIVEWORKSHEETS

**Komposisi dan Fungsi Atmosfer**

Atmosfer terdiri dari lapisan tipis gas campuran yang menutupi permukaan Bumi. Tidak termasuk air, udara atmosfer terdiri dari 78,1% (berdasarkan volume) nitrogen, 21,0% oksigen, 0,9% argon, dan 0,04% karbon dioksida. Biasanya, udara mengandung 1%–3% uap air berdasarkan volume. Selain itu, udara mengandung berbagai macam gas tingkat jejak di bawah 0,002%, termasuk neon, helium, metana, kripton, nitrogen oksida, hidrogen, xenon, sulfur dioksida, ozon, nitrogen dioksida, amonia, dan karbon monoksida. Atmosfer berperilaku seperti itu sebagai akibat dari gas-gas di dalamnya dari sumber alami dan antropogenik serta gaya fisik yang bekerja padanya.

Atmosfer memiliki beberapa karakteristik perlindungan yang penting. Salah satunya adalah efek atmosfer yang menstabilkan suhu, yang menyerap radiasi inframerah yang dengannya energi matahari yang masuk dilepaskan kembali ke luar angkasa. Ini adalah efek rumah kaca yang menjaga permukaan Bumi pada suhu yang layak huni. Sekarang, ada kekhawatiran bahwa peningkatan kadar $CO_2$ penyerap inframerah yang dilepaskan ke atmosfer oleh pembakaran bahan bakar fosil akan menyebabkan efek rumah kaca yang berlebihan yang menyebabkan peningkatan suhu global di atas tingkat optimal. Fungsi perlindungan penting kedua dari atmosfer adalah peran ozon di stratosfer dalam menyaring radiasi ultraviolet dari matahari. Jika bukan karena filter radiasi ini, organisme tidak dapat hidup di permukaan Bumi karena efek merusak radiasi ultraviolet pada jaringan.

Selain fungsi perlindungan yang disebutkan di atas, atmosfer merupakan bagian penting dari modal alam Sistem Bumi. Atmosfer menyediakan oksigen yang penting bagi kehidupan manusia dan hewan. Atmosfer merupakan tempat penyimpanan karbon dioksida yang dibutuhkan tanaman dan alga untuk fotosintesis.

**Partikulat di Udara**

Polutan udara primer, yaitu polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya, dapat dibedakan menjadi lima kelompok sebagai berikut:

a) Karbon monoksida (CO)
b) Nitrogen oksida (NOx)
c) Hidrokarbon (HC)
d) Sulfur dioksida (SOx)
e) Partikel

Sumber polusi yang utama berasal dari transpotasi, 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbonmonoksida dan sekitar 15% hidrokarbon. Toksisitas kelima kelompok polutan tersebut berbeda–beda dan Tabel 1. di bawah ini menyajikan toksisitas relatif masing–masing kelompok polutan tersebut. Ternyata polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel–partikel, diikuti berturut – turut NOx, SOx, hidrokarbon dan yang paling rendah toksisitasnya adalah karbonmonoksida.

**Jenis dan Sifat Partikel**

Polusi udara karena partikel–partikel tersebut merupakan masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian. Berbagai jenis polutan partikel dan bentuk-bentuknya yang terdapat diudara dapat dilihat pada Tabel 2. dibawah ini.

LIVEWORKSHEETS

Tabel 1. Level toleransi konsentrasi polutan di udara

| Polutan | Level toleransi | | Toksisitas relatif |
|---|---|---|---|
| | Ppm | $\mu g/m^3$ | |
| CO | 32 | 40.000 | 1.00 |
| HC | | 19.300 | 2.07 |
| SOx | 0.50 | 1.430 | 28.0 |
| NOx | 0.25 | 514 | 77.8 |
| **Partikel** | | **375** | **106.7** |

*Sumber: Fardiaz, 2003*

Tabel 2. Bentuk partikel pencemar udara

| Komponen | Bentuk |
|---|---|
| Karbon | |
| Besi | $Fe_2O_3$, $Fe_3O_4$ |
| Magnesium | MgO |
| Kalsium | CaO |
| Aluminium | $Al_2O_3$ |
| Sulfur | $SO_2$ |
| Titanium | $TiO_2$ |
| Karbonat | $CO_3$ |
| Silikon | $SiO_2$ |
| Fosfor | $P_2O5$ |
| Kalium | $K_2O$ |
| Natrium | $Na_2O$ |
| Lain – lain | |

*Sumber: Fardiaz, 2003*

Sifat fisis partikel yang penting adalah ukurannya, yang berkisar antara diameter 0,0002 mikron sampai sekitar 500 mikron. Pada kisaran tersebut partikel mempunyai umur dalam bentuk tersuspensi di udara antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Umur partikel tersebut dipengaruhi oleh kecepetan pengendapan yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikel serta aliran udara. Pada gambar di bawah ini dapat dilihat hubungan antara velositas pengendapan dengan ukuran partikel jika diasumsi densitas sama. Sifat partikel lainnya yang penting adalah kemampuannya sebagi tempat adsorbsi (sorbsi secara fisik) atau kimisorbsi (sorbsi disertai dengan interaksi kimia). Sifat ini merupakan fungsi luas permukaan yang pada umunya luas untuk kebanyakan partikel. Sifat lainnya adalah sifat optiknya .

Partikel yang mempunyai diameter kurang dari 0,1 mikron berukuran sedemikian kecilnya dibandingkan dengan panjang gelombang sinar, sehingga partikel – partikel tersebut mempengaruhi sinar seperti halnya molekul molekul dan menyebabkan refraksi. Demikian sebaliknya untuk partikel yang ukurannya lebih dari satu mikron. Sifat optik ini penting dalam menentukan pengaruh partikel atmosfer terhadap radiasi dan visibilitas solar dan energi.

LIVEWORKSHEETS

## AKTIVITAS PEMECAHAN MASALAH KOLABORATIF

Seluruh aktivitas mahasiswa dalam memecahkan permasalahan dilakukan secara berkelompok dan didasarkan pada tahapan yang meliputi: a) merepresentasi permaslahan SSI, b) pembagian peran dan tugas, c) penentuan solusi permasalahan SSI, d) penyusunan justifikasi, dan e) evaluasi solusi permasalahan SSI.

*Bacalah wacana socioscientific issue di bawah ini dan jawablah pertanyaan yang diberikan.*

### BMKG Petakan Area dengan Kualitas Udara Terburuk pada Januari 2025

**TEMPO.CO, Jakarta -** Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mencatat kualitas udara di berbagai kota dan kabupaten di Indonesia memiliki kategori Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, hingga Berbahaya selama Januari 2025. Pengukuran itu didasari nilai rata-rata bulanan konsentrasi PM2.5 atau partikulat debu berukuran kurang dari 2,5 mikrometer.

"BMKG senantiasa melakukan monitoring kualitas udara, salah satunya monitoring konsentrasi PM2.5," begitu bunyi informasi BMKG dalam unggahan Instagram *@infobmkg* pada Rabu, 5 Februari 2025.

Selama ini PM2.5 dikenal sebagai polutan udara berukuran 2,5 µm (mikrometer), sehingga dapat dengan mudah masuk dalam sistem pernapasan. Berdasarkan tingkat PM2.5, kualitas udara dibedakan dalam lima kategori, yaitu Baik (konsentrasi 0-15,4), Sedang (15,5-55,4), Tidak Sehat (55,5-150,4), Sangat Tidak Sehat (150,5-250,4), dan Berbahaya (lebih dari 250,4). Berikut pemetaan BMKG soal wilayah yang kualitas udaranya berkategori 'Berbahaya', ''Sangat Tidak Sehat', serta 'Tidak Sehat'.

**1. Kategori 'Berbahaya':**

**Kota Jambi**: Minimal (0,4 mikrogram per meter kubik), rata-rata (22,2 mikrogram per meter kubik), maksimal (571,5 mikrogram per meter kubik).

**2. Kategori 'Sangat Tidak Sehat':**

**Kabupaten Pesawaran**: minimal (1,1 mikrogram per meter kubik), rata-rata (19,3 mikrogram per meter kubik), maksimal (240,3 mikrogram per meter kubik).

**Kabupaten Deli Serdang**: minimal (0,7 mikrogram per meter kubik), rata-rata (29,1 mikrogram per meter kubik), maksimal (229,5 mikrogram per meter kubik).

**3. Kategori 'Sedang' hingga 'Tidak Sehat':**

**Kabupaten Aceh Besar**: Minimal (0,1 mikrogram per meter kubik), rata-rata (9,6 mikrogram per meter kubik), maksimal (36 mikrogram per meter kubik).

**Kota Batam**: Minimal (5,1 mikrogram per meter kubik), rata-rata (23,3 mikrogram per meter kubik), maksimal (78 mikrogram per meter kubik).

**Kota Pekanbaru**: minimal (0,5 mikrogram per meter kubik), rata-rata (19,5 mikrogram per meter kubik), maksimal (86,2 mikrogram per meter kubik).

**Kabupaten Agam**: Minimal (0,1 mikrogram per meter kubik), rata-rata (5,9 mikrogram per meter kubik), maksimal (24 mikrogram per meter kubik).

**Kota Bengkulu:** Minimal (0.1 mikrogram per meter kubik), rata-rata (14,1 mikrogram per meter kubik), maksimal (112,2 mikrogram per meter kubik).

**Palembang**: Minimal (3 mikrogram per meter kubik), rata-rata (23,6 mikrogram per meter kubik), maksimal (130,7 mikrogram per meter kubik).

**Jakarta**: Minimal (1,9 mikrogram per meter kubik), rata-rata (25,6 mikrogram per meter kubik), maksimal (117,3 mikrogram per meter kubik).

**Semarang**: Minimal (1,5 mikrogram per meter kubik), rata-rata (19,5 mikrogram per meter kubik), maksimal (57,6 mikrogram per meter kubik).

LIVEWORKSHEETS

Pencantuman target kualitas udara yang ditunjukkan oleh PM 2.5 dan PM 10 sebagai bagian dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), *"Mewujudkan kota dan pemukiman manusia yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan"*, seharusnya memaksa pemerintah pusat dan daerah untuk mengatasi kualitas udara melalui regulasi yang lebih ketat untuk pembangkit listrik, transportasi, dan pertanian. Indonesia perlu mengembangkan dan memperkuat kebijakan untuk mengekang polusi udara yang semakin memburuk seiring pertumbuhan ekonomi. Kedua, pemerintah harus menerapkan berbagai kebijakan yang bertujuan untuk mengekang emisi kendaraan. Kebijakan tersebut dapat mencakup penerapan standar emisi yang lebih ketat, penerapan pajak kemacetan di jalan-jalan utama, mendorong transisi ke kendaraan dengan emisi rendah atau nol, dan peningkatan sistem transportasi umum.

Penerapan teknologi canggih sangat penting untuk mengurangi polusi dari pembangkit listrik tenaga batu bara yang ada. Langkah-langkah tambahan dapat mencakup transisi ke pembangkit listrik dengan emisi yang lebih rendah. Kapasitas energi terbarukan yang ada hanya berkontribusi 11,6% dari total kapasitas listrik terpasang sebesar 36,1 GW pada tahun 2019 (MEMR, 2020); namun, ditargetkan untuk mencapai 23% pada tahun 2025 sebagaimana diamanatkan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral dalam Rencana Penyediaan Tenaga Listrik 2021–2030. Terakhir, peningkatan kebijakan dan peraturan untuk menanggulangi kebakaran hutan akan meningkatkan kualitas udara. Kebakaran hutan terutama disebabkan oleh aktivitas manusia yang memicu kebakaran terkait produksi pertanian yang menjadi tidak terkendali, terutama selama musim kemarau.

Sumber:
https://www.tempo.co/lingkungan/bmkg-petakan-area-dengan-kualitas-udara-terburuk-pada-januari-2025-paling-berbahaya-di-jambi--1203320

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624017591#sec6

## *Representasi Permasalahan SSI*

*Setelah membaca wacana socioscientific issue* di atas, *lakukan analisis permasalahan dan diskusi untuk menjawab pertanyaan berikut.*

1. Apa yang dimaksud dengan PM2.5, dan mengapa partikulat ini menjadi salah satu indikator utama dalam menilai kualitas udara?

LIVEWORKSHEETS

2. Bagaimana dampak paparan jangka panjang terhadap polusi udara yang tinggi terhadap kesehatan masyarakat, khususnya di kota-kota dengan konsentrasi PM2.5 yang tinggi?

3. Mengapa pencemaran udara yang disebabkan oleh PLTU batubara, transportasi, dan kebakaran hutan menjadi faktor dominan dalam peningkatan kadar PM2.5 di atmosfer?

**Dari wacana di atas, permasalahan yang teridentifikasi adalah ...**

LIVEWORKSHEETS

## *Pembagian Peran dan Tugas*

*Tentukan peran yang diperlukan untuk pemecahan masalah dan tetapkan anggota kelompok yang bertanggung jawab terhadap peran tersebut.*

## *Penentuan Solusi Permasalahan SSI*

*Tentukan solusi permasalahan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.*

4. Apa saja langkah yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk mengatasi kandungan polutan yang menyebabkan kualitas udara buruk?

LIVEWORKSHEETS

5. Dari berbagai strategi yang disebutkan dalam wacana di atas, solusi mana yang paling efektif untuk menurunkan partikel polutan di atmosfer dalam jangka pendek dan jangka panjang?

***Penyusunan Justifikasi***

*Susun justifikasi untuk solusi permasalahan yang telah diajukan dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.*

6. Jelaskan alasan utama pemilihan solusi tersebut.

LIVEWORKSHEETS

## *Evaluasi Solusi Permasalahan SSI*

*Lakukan evaluasi terhadap solusi permasalahan yang disusun.*

7. Apa indikator utama yang dapat digunakan untuk mengukur keberhasilan solusi mengurangi kandungan polutan di atmosfer?

## Sintesis dan Refleksi

Berdasarkan hasil presentasi dan diskusi kelompok, susunlah kesimpulan dalam mengatasi permasalahan kandungan partikulat dan kualitas udara.

LIVEWORKSHEETS

Tuliskan hasil refleksi bersama berkaitan pengalaman belajar pemecahan masalah secara kolaborasi dalam memecahkan permasalahan kandungan partikulat dan kualitas udara yang telah diikuti.

LIVEWORKSHEETS