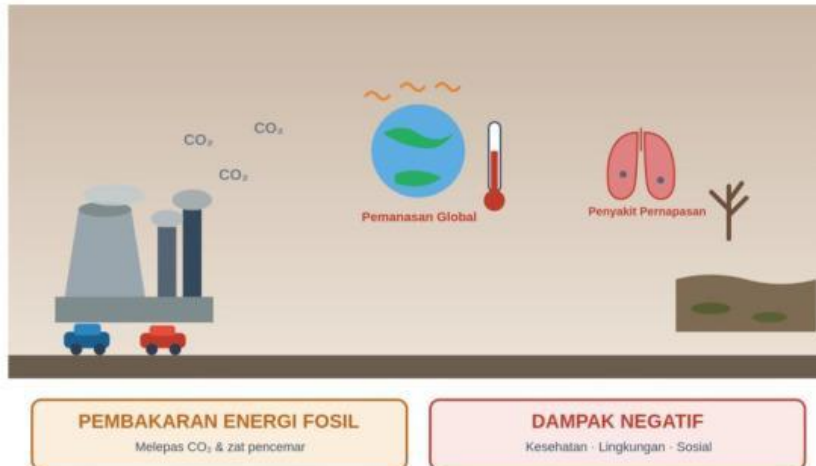


LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) DAMPAK PEMANFAATAN ENERGI FOSIL

PERTEMUAN 4



Pendekatan Socio-Scientific Issues (SSI) • Model Problem Based Learning (PBL)

Isu: Dilema Pengembangan & Pemanfaatan Energi Fosil — Ancaman Krisis Kesehatan, Degradasi Lingkungan & Ketahanan Sosial Masyarakat

IDENTITAS KELOMPOK

Kelompok :

Kelas :

Anggota Kelompok :

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 4. |
| 2. | 5. |
| 3. | 6. |

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran melalui pendekatan SSI dengan model PBL, peserta didik diharapkan mampu:

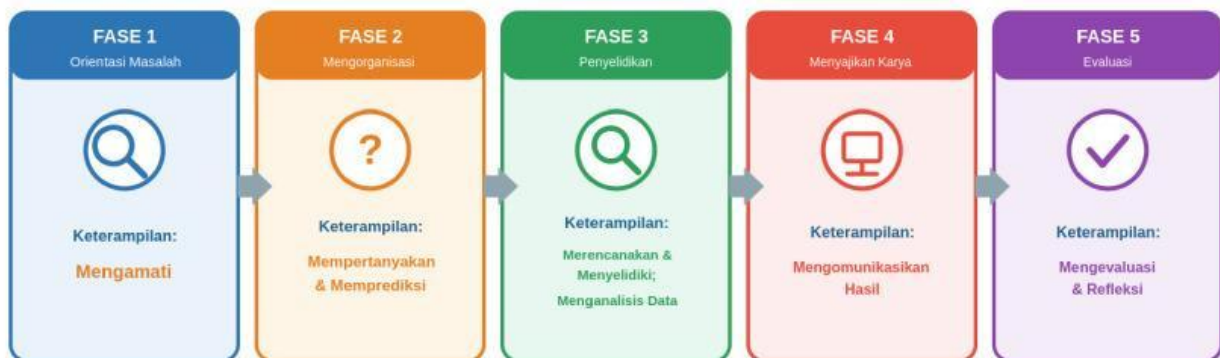
1. Mengidentifikasi dampak pengembangan dan pemanfaatan energi dari sumber energi tak terbarukan terhadap seluruh aspek lingkungan. (C2)
2. Menentukan (menghitung) kadar karbon dioksida di atmosfer akibat pembakaran bahan bakar fosil. (C3)
3. Menganalisis peristiwa terkini terkait isu energi (dampak pengembangan dan pemanfaatan sumber daya energi) menggunakan konsep sains. (C4)
4. Menganalisis informasi yang objektif dan dapat diandalkan terkait isu energi (dampak pemanfaatan sumber energi tak terbarukan – fosil). (C4)
5. Mengevaluasi pro dan kontra terkait pengembangan dan penggunaan sumber energi tak terbarukan – fosil (dampak terhadap kesehatan, lingkungan, dan sosial). (C5)

PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

1. Awali kegiatan dengan berdoa terlebih dahulu.
2. Tuliskan identitas dan nama anggota kelompok pada halaman sampul.
3. Kerjakan LKPD secara berkelompok mengikuti tahapan (fase) PBL secara berurutan.
4. Bacalah wacana dan amati gambar dengan cermat sebelum menjawab.
5. Diskusikan setiap pertanyaan bersama kelompok, lalu tuliskan jawaban pada kolom yang tersedia.
6. Tanyakan kepada guru bila ada hal yang belum dipahami.

ALUR PEMBELAJARAN & KETERAMPILAN PROSES

Alur Pembelajaran: Tahapan PBL & Keterampilan Proses



Lima tahapan Problem Based Learning (PBL) beserta keterampilan proses yang dilatih pada setiap fase.

BEKAL KONSEP: DAMPAK PEMANFAATAN ENERGI FOSIL

- ✓ **Bahan bakar fosil** menghasilkan energi melalui pembakaran. Namun, pembakaran minyak bumi, gas alam, dan batu bara tidak hanya menghasilkan energi, tetapi juga melepaskan karbon dioksida (CO_2) dan berbagai zat pencemar (SO_2 , NO_x , partikulat) yang berdampak pada lingkungan, kesehatan, dan kehidupan sosial masyarakat.
- ✓ **Dampak ke seluruh aspek lingkungan.** Dampak pemanfaatan energi fosil menjangkau seluruh aspek lingkungan: udara (asap, partikulat, hujan asam, serta CO_2 pemicu pemanasan global), air (pencemaran dan air asam tambang), dan tanah (kerusakan lahan akibat penambangan). Dampak ini berlanjut ke kesehatan (penyakit pernapasan, jantung) dan kehidupan sosial-ekonomi masyarakat.

DAMPAK PEMANFAATAN ENERGI FOSIL



Dampak pemanfaatan energi fosil terhadap lingkungan, kesehatan, dan sosial-ekonomi.

✓ Pembakaran Fossil, CO₂ & Pemanasan Global

Pembakaran Fossil Menghasilkan CO₂

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

Massa CO₂ = (44/12) × massa karbon = 3,67 × massa C
atau: Massa CO₂ = jumlah bahan bakar × faktor emisi

Faktor emisi CO₂ (perkiraan):

- Bensin = 2,3 kg CO₂ / liter
- Solar = 2,68 kg CO₂ / liter
- Listrik (PLN) = 0,85 kg CO₂ / kWh

Efek Rumah Kaca & Pemanasan Global

Lapisan gas rumah kaca (CO₂)

Panas terperangkap - suhu Bumi naik

Pembakaran: $C + O_2 \rightarrow CO_2$ Massa CO₂: $\approx 3,67 \times$ massa C

Massa CO₂ = jumlah bahan bakar × faktor emisi · Bensin $\approx 2,3$ kg/L · Solar $\approx 2,68$ kg/L · Listrik $\approx 0,85$ kg/kWh

Setiap pembakaran bahan bakar fosil menambah CO₂ di atmosfer. CO₂ adalah gas rumah kaca yang memerangkap panas sehingga suhu Bumi meningkat (pemanasan global).

Dampak berantai pemanfaatan fosil

Pengembangan dan pemanfaatan energi fosil memang menyediakan listrik dan bahan bakar yang murah, tetapi menimbulkan dampak berantai. Emisi CO₂ memicu pemanasan global dan perubahan iklim; zat pencemar (PM_{2,5}, SO₂, NO_x) menurunkan kualitas udara dan memicu penyakit pernapasan; penambangan merusak air dan lahan; serta menimbulkan masalah sosial bagi masyarakat sekitar. Karena itu, keputusan pemanfaatan energi fosil perlu mempertimbangkan dampak kesehatan, lingkungan, dan sosial, bukan hanya biaya energi.

FASE

1

Orientasi Peserta Didik pada Masalah

Amati isu nyata berikut, lalu temukan masalah yang akan diselidiki.

KETERAMPILAN PROSES: Mengamati


WACANA — Teks Pengantar: Dampak PLTU Batu Bara bagi Kesehatan, Lingkungan & Sosial (Kasus PLTU Suralaya)

Di Kelurahan Suralaya, Cilegon, Banten, berdiri salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batu bara terbesar di Asia Tenggara yang memasok listrik untuk Jawa–Bali. Namun, warga sekitar kerap diguyur hujan debu batu bara — setiap pagi ditemukan debu hitam menempel di dinding dan jendela rumah. Banyak warga, termasuk anak-anak, mengeluh batuk, sesak napas, dan asma. Di Kota Cilegon, Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) bahkan tercatat sebagai penyakit dengan kasus terbanyak, mencapai 41.779 kasus (Sumber: BPS, Kota Cilegon Dalam Angka 2023).

Pembakaran batu bara di PLTU melepaskan karbon dioksida (CO_2) — gas rumah kaca pemicu pemanasan global dan perubahan iklim — serta zat pencemar seperti partikel halus $\text{PM}_{2,5}$, sulfur dioksida (SO_2), dan nitrogen oksida (NO_x) yang berbahaya bagi pernapasan. Penelitian Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA, 2023) memperkirakan polusi udara dari kompleks PLTU Suralaya saja menyebabkan sekitar 1.470 kematian dini per tahun, ratusan kelahiran prematur, serta kerugian kesehatan yang sangat besar (Sumber: CREA, 2023; Tempo).

Dampaknya tidak berhenti di udara. Abu sisa pembakaran (fly ash & bottom ash/FABA) dan limbah PLTU juga mencemari laut di pesisir, sehingga nelayan kecil harus melaut lebih jauh untuk memperoleh ikan — sebuah dampak sosial-ekonomi yang nyata. Secara nasional, Indonesia termasuk sepuluh negara penghasil emisi terbesar dari sektor energi pada 2023, dan penghentian bertahap PLTU batu bara hingga 2040 diperkirakan dapat mencegah sekitar 180.000 kematian (Sumber: Statistical Review of World Energy 2024; IESR/CREA, 2023). Pemerintah pun menghadapi dilema: terus memanfaatkan energi fosil yang murah, melengkapinya dengan teknologi bersih dan pengawasan ketat, atau beralih ke energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Apa saja dampak pengembangan dan pemanfaatan energi fosil terhadap lingkungan, kesehatan, dan kehidupan sosial, serta langkah apa yang paling tepat secara ilmiah untuk menghadapinya?

 **Tahukah Kamu?** Pembakaran sempurna karbon mengikuti reaksi $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$. Karena massa atom $\text{C} = 12$ dan $\text{CO}_2 = 44$, setiap 1 kg karbon yang terbakar menghasilkan sekitar $44/12 \approx 3,67$ kg CO_2 . Itulah sebabnya pembakaran bahan bakar fosil dalam jumlah besar melepaskan CO_2 yang sangat banyak ke atmosfer.

Sumber: konsep stoikiometri pembakaran (IPCC); reaksi $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$.

Data Emisi & Dampak Pemanfaatan Energi Fosil (Perkiraan)

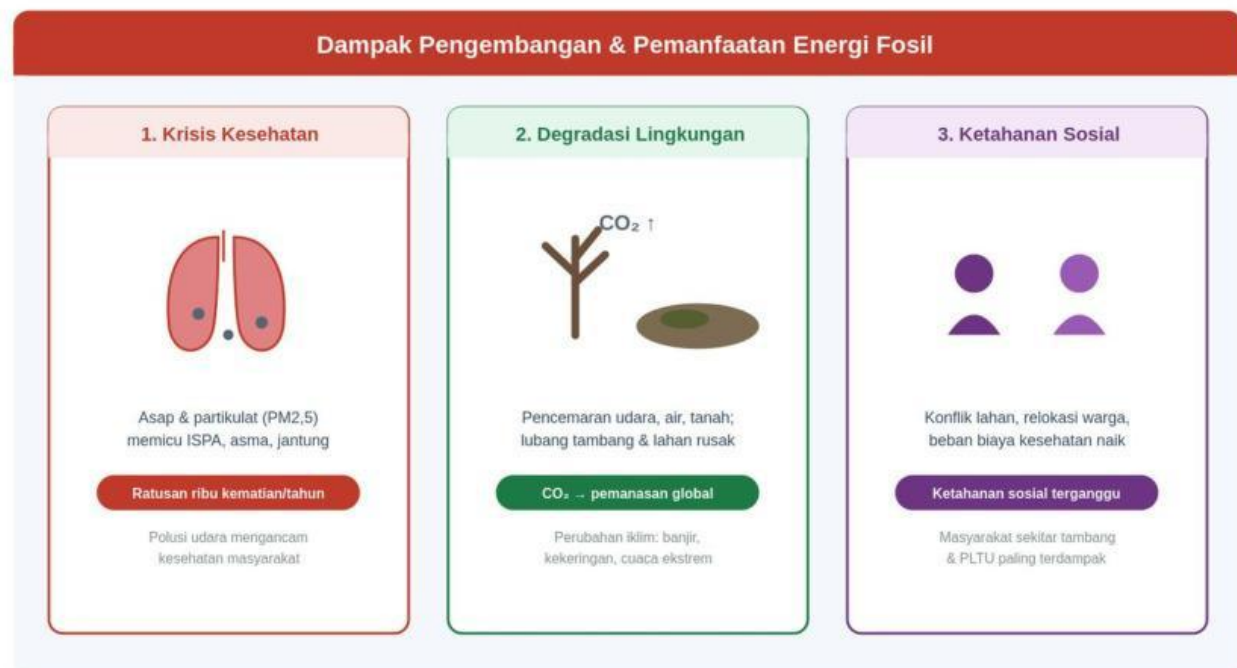
| Komponen Data / Faktor | Data Penting |
|---|--|
| Faktor emisi CO_2 — bensin | $\pm 2,3$ kg CO_2 / liter |
| Faktor emisi CO_2 — solar | $\pm 2,68$ kg CO_2 / liter |
| Faktor emisi CO_2 — listrik PLN | $\pm 0,85$ kg CO_2 / kWh |
| Pembakaran karbon ($\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) | 1 kg C $\rightarrow \pm 3,67$ kg CO_2 |

| Komponen Data / Faktor | Data Penting |
|---|----------------------------------|
| Porsi listrik dari batu bara (PLTU) | ± 67% (2025) |
| Posisi emisi energi Indonesia (2023) | 10 besar dunia |
| Perkiraan kematian akibat polusi udara | ratusan ribu / tahun (Indonesia) |
| Potensi nyawa terselamatkan (PLTU pensiun 2040) | ± 180.000 jiwa |

Sumber: faktor emisi CO₂ (IPCC/KLHK); porsi listrik batu bara (Kementerian ESDM, 2025); dampak kesehatan (WHO; IESR/CREA, 2023). Angka dibulatkan untuk latihan.

Pemicu utama dampak: pembakaran fosil & emisi CO₂. **Aspek terdampak:** lingkungan, kesehatan, sosial.

Sumber: WHO; IESR/CREA (2023); Kementerian ESDM/KLHK.



Ilustrasi: dampak pemanfaatan energi fosil — krisis kesehatan, degradasi lingkungan, dan ketahanan sosial.

Mari Mengamati

Tuliskan fakta-fakta penting yang kelompokmu amati dari wacana dan gambar di atas (dampak pemanfaatan energi fosil terhadap kesehatan, lingkungan, dan sosial, serta data/angka penting yang tersedia).

Mengorganisasikan Peserta Didik untuk Belajar*Rumuskan masalah, susun dugaan sementara, dan bagi tugas kelompok.* **KETERAMPILAN PROSES: Mempertanyakan dan Memprediksi****A. Rumusan Masalah**

Berdasarkan wacana, tuliskan 2–3 rumusan masalah dalam bentuk pertanyaan. **Contoh:** “Bagaimana pemanfaatan energi fosil memengaruhi kesehatan, lingkungan, dan kehidupan sosial masyarakat, dan strategi mana yang paling tepat untuk mengurangi dampaknya?”

B. Dugaan Sementara (Hipotesis / Prediksi)

Tuliskan jawaban/prediksi sementara kelompokmu terhadap rumusan masalah di atas, beserta alasannya.

C. Pembagian Tugas Kelompok

| Nama Anggota | Tugas / Bagian yang Dikerjakan |
|--------------|--------------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Membimbing Penyelidikan Kelompok*Rencanakan penyelidikan, kumpulkan & olah data, lalu analisis informasi.*

 **KETERAMPILAN PROSES:** Merencanakan & Melakukan Penyelidikan; Memproses, Menganalisis Data dan Informasi

A. Rencana Penyelidikan

Tuliskan langkah-langkah serta sumber data/informasi yang akan kelompokmu gunakan untuk menjawab rumusan masalah (misalnya: mengidentifikasi dampak fosil pada tiap aspek lingkungan, menghitung emisi CO₂ dari data wacana, serta menelaah informasi dari sumber terpercaya).

B. Penyelidikan**Kegiatan 1 — Identifikasi Dampak terhadap Seluruh Aspek Lingkungan (C2)**

Lengkapi tabel berikut. Tuliskan dampak pengembangan dan pemanfaatan energi fosil pada setiap aspek lingkungan.

| Aspek Lingkungan | Dampak Pemanfaatan Energi Fosil |
|--------------------------|---------------------------------|
| Iklm global | |
| Kesehatan manusia | |
| Kehidupan sosial-ekonomi | |

Kegiatan 2 — Menghitung Emisi CO₂ dari Pembakaran Bahan Bakar Fosil (C3)

a) Sebuah mobil keluarga menghabiskan 4 liter bensin per hari. Faktor emisi bensin $\approx 2,3$ kg CO₂/liter. Hitung massa CO₂ yang dilepaskan per hari, lalu per bulan (30 hari).

CO₂ per hari = $4 \times 2,3 = \dots\dots\dots$ kg \rightarrow per bulan = $\dots\dots\dots \times 30 = \dots\dots\dots$ kg CO₂

b) Sebuah PLTU membakar batu bara yang mengandung 1.000 kg karbon. Dengan reaksi $C + O_2 \rightarrow CO_2$, setiap 1 kg karbon menghasilkan $\approx 3,67$ kg CO₂. Hitung massa CO₂ yang dihasilkan. Bayangkan bila PLTU membakar jutaan ton batu bara tiap tahun, apa dampaknya bagi atmosfer dan iklim?

Kegiatan 3 — Menganalisis Peristiwa Terkini Menggunakan Konsep Sains (C4)

Gunakan konsep dampak pembakaran fosil (emisi CO_2 , gas rumah kaca, zat pencemar) untuk menganalisis peristiwa pada wacana.

a) Pemanasan global: kaitkan hasil perhitungan emisi CO_2 pada Kegiatan 2 dengan peningkatan gas rumah kaca. Jelaskan secara ilmiah bagaimana CO_2 dari pembakaran fosil menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim!

b) Polusi udara & kesehatan: jelaskan secara ilmiah bagaimana asap PLTU dan kendaraan (partikulat $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_x) dapat menimbulkan penyakit pernapasan seperti ISPA dan asma pada masyarakat sekitar!

c) Degradasi lingkungan & sosial: jelaskan secara ilmiah dampak penambangan dan pemanfaatan batu bara terhadap air dan tanah (mis. air asam tambang, lubang bekas tambang) serta kehidupan sosial masyarakat di sekitarnya!

Kegiatan 4 — Menganalisis Keandalan & Objektivitas Informasi (C4)

Saat menelaah isu dampak pemanfaatan energi fosil, kelompokmu menemukan dua sumber informasi berikut. Bandingkan keandalan dan objektivitasnya.

| Sumber Informasi | Pernyataan |
|---|---|
| Sumber A — Data WHO/KLHK & hasil penelitian (disertai angka & sumber) | "Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan CO ₂ (gas rumah kaca) serta zat pencemar seperti PM _{2,5} , SO ₂ , dan NO _x . Penelitian menunjukkan polusi udara menyebabkan ratusan ribu kematian dini per tahun di Indonesia, dan percepatan penghentian PLTU batu bara dapat mencegah sekitar 180.000 kematian. Karena itu, pemanfaatan energi fosil perlu disertai pengendalian emisi dan pengembangan energi bersih." (disertai angka dan sumber yang jelas) |
| Sumber B — Pesan berantai / unggahan media sosial tanpa sumber | "Tidak perlu khawatir, asap pabrik dan kendaraan itu tidak berbahaya. Justru CO ₂ itu bagus untuk tanaman, jadi makin banyak asap makin subur! Perubahan iklim cuma mitos, tidak usah dikurangi." |

Sumber A diadaptasi dari rujukan WHO, KLHK, dan penelitian IESR/CREA (2023).

a) Manakah informasi yang lebih objektif dan dapat diandalkan? Sebutkan ciri-ciri informasi yang layak dipercaya.

b) Tinjau Sumber A dan Sumber B dari segi asal/penyusun, ada-tidaknya bukti/data pendukung, dan kemungkinan kepentingan pembuatnya. Gunakan konsep emisi CO₂ dan zat pencemar untuk menjelaskan mengapa klaim pada Sumber B (asap "tidak berbahaya" dan perubahan iklim "mitos") menyesatkan dan sulit diandalkan!

FASE**4****Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya**

Rangkum temuan kelompok menjadi sebuah karya untuk dipresentasikan.

KETERAMPILAN PROSES: Mengomunikasikan Hasil

Buatlah karya kelompok (poster / infografik / slide presentasi sederhana) yang memuat hal-hal berikut:

- Dampak pemanfaatan energi fosil pada seluruh aspek lingkungan (udara, air, tanah, iklim).
- Hasil perhitungan emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil.
- Penjelasan ilmiah tentang dampak fosil bagi kesehatan, lingkungan, dan kehidupan sosial.
- Rekomendasi langkah mengurangi dampak pemanfaatan energi fosil beserta alasan ilmiahnya.

A. Rancangan / Sketsa Karya Kelompok**B. Catatan Presentasi (poin penting yang akan disampaikan)**



A. Analisis Pro dan Kontra (C5)

Bandingkan tiga strategi pemanfaatan energi fosil ditinjau dari dampaknya pada beberapa aspek.

| Aspek | Tanpa Pengendalian Dampak | Teknologi Bersih & Pengawasan | Beralih ke Energi Bersih |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Dampak kesehatan masyarakat | | | |
| Dampak lingkungan (udara/air/tanah) | | | |
| Dampak / ketahanan sosial | | | |
| Biaya & ketersediaan energi | | | |

B. Keputusan & Evaluasi Kelompok

Berdasarkan seluruh analisis di atas, strategi mana yang kelompokmu rekomendasikan untuk mengurangi dampak pemanfaatan energi fosil? Apakah hipotesis awal kalian terbukti? Jelaskan alasannya.

C. Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah kelompokmu.

D. Refleksi

Hal baru yang saya pahami dari pembelajaran ini:

Bagian yang masih sulit bagi saya:

Tindakan bijak terkait energi yang akan saya lakukan setelah pembelajaran ini:

SUMBER DATA & RUJUKAN

Data dan informasi dalam LKPD ini disusun dari sumber-sumber berikut:

1. IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories & KLHK — faktor emisi CO₂ bahan bakar (bensin ≈ 2,3; solar ≈ 2,68 kg CO₂/liter).
2. Konsep stoikiometri pembakaran: $C + O_2 \rightarrow CO_2$; 1 kg karbon menghasilkan ≈ 3,67 kg CO₂ (massa atom C = 12, CO₂ = 44).
3. WHO. Polusi udara menyebabkan sekitar 7 juta kematian dini per tahun di dunia. who.int.
4. IESR & CREA (2023). Health Benefits of Just Energy Transition and Coal Phase-out in Indonesia — penghentian PLTU batu bara 2040 dapat mencegah ± 180.000 kematian (biaya kesehatan ± Rp1.500 triliun). iesr.or.id.
5. Statistical Review of World Energy 2024. Indonesia termasuk 10 besar penghasil emisi gas rumah kaca sektor energi pada 2023.
6. Kementerian ESDM/KLHK. Porsi listrik dari batu bara (PLTU) ± 67% pada 2025; sebagian besar PLTU belum dilengkapi pengendali emisi yang memadai.
7. Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA), 2023. Emisi kompleks PLTU Suralaya diperkirakan menyebabkan ± 1.470 kematian dini per tahun serta ratusan kelahiran prematur (via Tempo, 2024).
8. BPS Kota Cilegon. Kota Cilegon Dalam Angka 2023 — ISPA merupakan penyakit dengan kasus terbanyak (± 41.779 kasus).

Catatan: faktor emisi dan angka dampak kesehatan merupakan nilai perkiraan dari rujukan resmi (IPCC, WHO, KLHK, IESR/CREA) dan dibulatkan untuk memudahkan perhitungan; nilai sebenarnya dapat berbeda menurut jenis bahan bakar, lokasi, dan metode.

— Selamat Belajar & Berdiskusi —