



Energi Terbarukan

Aliansi Zero Waste Indonesia
2025

ENERGI TERBARUKAN

**ALIANSI ZERO WASTE INDONESIA
2025**

Diterbitkan oleh
Aliansi Zero Waste Indonesia, Tahun 2025

ISBN:

Pengarah:

1. Yuyun Ismawati Drwiega
2. Prigi Arisandi

Penulis:

1. Nurus Shovi Yanti
2. Hermawan

Kontributor:

1. Siti Umi Hanik
2. Ni Made Diyah Darma Yanti
3. Tonis Afrianto

Penyunting:

1. Aulia Wijiasih
2. Catur Yuda Hariyani

Ilustrator:

1. I Made Wartika
2. Eka Febrianta

PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya, modul **Sekolah Ekologis** ini dapat hadir di hadapan guru-guru tercinta.

Sebelum membaca dan mengimplementasikan modul ini, perlu dijelaskan terlebih dahulu tentang Sekolah Ekologis. Program ini merupakan inisiatif kolaborasi dari empat anggota AZWI (Aliansi Zero Waste Indonesia), yaitu PPLH Bali, Gita Pertiwi, Nol Sampah, dan Ecoton. Keempat lembaga tersebut telah puluhan tahun berkecimpung dalam pendidikan lingkungan hidup di Indonesia dan berbagi praktik terbaik dari pengalaman pendampingan yang mereka lakukan.

Modul Sekolah Ekologis disusun dalam empat tema yang saling melengkapi: ***Sampah dan Pengelolannya, Pangan Sehat, Energi Terbarukan, dan Konservasi Keanekaragaman Hayati.***

Energi Terbarukan, sebagai modul ketiga, mengajak kita memahami peran penting energi sebagai denyut kehidupan modern yang menopang berbagai aktivitas manusia, mulai dari penerangan, transportasi, hingga pemenuhan kebutuhan dasar sehari-hari. Ketergantungan berlebihan pada energi fosil menimbulkan dampak serius seperti pencemaran udara, perubahan iklim, dan krisis lingkungan. Di tengah upaya mencari alternatif, kita juga perlu mewaspadaai “solusi palsu” yang mengatasnamakan energi bersih, seperti pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa), yang apabila tidak dikelola secara profesional berpotensi menghasilkan emisi berbahaya dan polutan

yang mengancam kesehatan serta hak anak atas udara bersih dan lingkungan yang aman.

Sebagai solusi, energi terbarukan menghadirkan harapan bagi masa depan yang lebih bersih dan berkeadilan antargenerasi. Sumber energi seperti matahari, angin, air, biomassa, dan panas bumi tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga mencerminkan tanggung jawab terhadap bumi yang akan diwariskan kepada anak-anak. Modul ini tidak hanya memberikan pemahaman dan inspirasi mengenai pentingnya energi terbarukan dan penghematannya, tetapi juga mendorong aksi nyata di sekolah, mulai dari pembuatan panel surya sederhana, biogas dari sampah organik, hingga inovasi kreatif lainnya. Setiap langkah kecil dalam menghemat energi berarti menyalakan cahaya bagi masa depan yang adil, sehat, dan berkelanjutan.

Atas tersusunnya modul ini, AZWI menyampaikan terima kasih yang tulus kepada para guru dan murid dari sekolah-sekolah dampingan yang telah berkontribusi melalui ide, pengalaman, dan aksi nyata di bidang energi terbarukan. Kehadiran mereka menunjukkan bahwa transisi energi bukan sekadar wacana, tetapi gerakan nyata yang dimulai dari ruang kelas dan lingkungan sekolah.

Akhir kata, semoga modul ini menjadi bahan belajar yang mencerahkan, menginspirasi, dan memotivasi kita semua untuk bergerak menuju masa depan yang lebih hijau, bersih, dan berkelanjutan.

Denpasar, Oktober 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
SEKOLAH EKOLOGIS	1
Alam, Manusia, dan Etika Lingkungan.....	1
Hak Anak atas Lingkungan.....	2
Konsep Sekolah Ekologis	3
Pengertian Sekolah Ekologis	4
Tujuan Sekolah Ekologis.....	5
Prinsip dan Nilai-Nilai Sekolah Ekologis	5
Pijakan hukum Sekolah Ekologis.....	6
Tema Materi Sekolah Ekologis.....	7
Strategi Implementasi Sekolah Ekologis.....	7
Langkah Kecil, Dampak Besar: Menuju Sekolah Ekologis ..	10
PENTINGNYA ENERGI TERBARUKAN	11
MENGENAL ENERGI TERBARUKAN	13
Definisi energi terbarukan	13
Sumber energi terbarukan.....	13
Tentang energi terbarukan dan energi tak terbarukan	13
LANDASAN HUKUM ENERGI TERBARUKAN.....	25
KONDISI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA	27
Fenomena <i>blackout</i> di pulau Bali, provinsi Jakarta dan sekitarnya	30
EFISIENSI DAN KONSERVASI ENERGI	33
Manfaat utama energi terbarukan	33
Penghematan energi.....	34
Upaya penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari	36

EDUKASI DAN AKSI ENERGI TERBARUKAN	41
Pembuatan atau pemasangan panel surya.....	41
Energi listrik alternatif dari bahan organik.....	43
Penggunaan mikrohidro di daerah terpencil	47
Penggunaan atap genteng kaca	48
Pembuatan biogas dari sampah organik.....	50
Pembuatan lilin dari minyak jelantah	52
KEHATI-HATIAN DALAM ENERGI TERBARUKAN	55
Perilaku boros listrik.....	55
Melawan <i>vampire energy</i>	55
<i>FALSE SOLUTION</i> sampah atau solusi palsu sampah menjadi bahan baku energi	58
Pembangkit listrik tenaga sampah atau PLTSa.....	61
Sejarah perlawanan terhadap PLTSa	63
<i>Refuse derived fuel</i> (RDF)	65
Pirólisis.....	68
<i>Incinerator</i> mini vs tungku bakar	71
DAFTAR PUSTAKA	76

SEKOLAH EKOLOGIS

Alam, Manusia, dan Etika Lingkungan

Alam adalah sumber kehidupan yang menyediakan segala kebutuhan manusia: udara yang kita hirup, air yang kita minum, tanah tempat berpijak dan menanam, serta keanekaragaman hayati yang menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, ketika manusia terlalu berfokus pada pembangunan ekonomi dan gaya hidup konsumtif tanpa memperhatikan daya dukung alam, keseimbangan tersebut terganggu. Timbunan sampah, penebangan hutan, berkurangnya lahan pertanian, banjir, kekeringan, polusi udara, dan krisis iklim yang kini kita rasakan menjadi tanda bahwa alam sedang memberi peringatan agar manusia kembali menjaga harmoni dengan lingkungan.

Prof. Emil Salim, tokoh lingkungan hidup Indonesia, mengingatkan bahwa pembangunan tidak boleh hanya mengejar pertumbuhan ekonomi, tetapi juga harus menjaga kelestarian lingkungan. Dalam pandangannya, manusia memiliki tanggung jawab moral untuk menjaga alam, karena keberlanjutan kehidupan manusia bergantung pada keberlanjutan alam itu sendiri. Etika lingkungan, menurut beliau, adalah dasar penting agar manusia mampu hidup secara bijak dan bertanggung jawab terhadap bumi. Etika ini menuntun kita untuk tidak rakus menggunakan sumber daya, serta menimbang dampak setiap tindakan terhadap generasi mendatang. *"Bumi ini cukup untuk memenuhi kebutuhan kita semua, namun tidak cukup untuk memenuhi keinginan segelintir kecil manusia yang serakah,"* kata Mahatma Gandhi.

Nilai-nilai etika lingkungan sesungguhnya telah lama hidup dalam budaya Indonesia. Berbagai kearifan lokal mengajarkan keseimbangan antara manusia dan alam seperti Tri Hita Karana di Bali, Huma Betang di Kalimantan, atau Gotong Royong di Jawa yang semuanya menekankan pentingnya hidup harmonis dengan sesama dan lingkungan. Melalui pendidikan lingkungan di sekolah, nilai-nilai ini dapat dihidupkan kembali dalam kegiatan nyata: menanam pohon, mengelola sampah, menghemat air dan energi, serta menjaga kebersihan bersama.

Dengan menumbuhkan etika lingkungan sejak di bangku sekolah, kita sedang menyiapkan generasi yang kritis, berpengetahuan, berempati, dan bertanggung jawab terhadap bumi. Sekolah bukan hanya tempat belajar ilmu pengetahuan, tetapi juga ruang untuk belajar mencintai kehidupan dan menumbuhkan kepedulian. Anak-anak perlu diberi kebebasan untuk bersuara dan menyampaikan pandangan mereka tentang lingkungan, karena suara mereka penting dalam menjaga masa depan bumi. Menjaga alam berarti menjaga kehidupan bagi diri sendiri, sesama, dan seluruh makhluk hidup. Anak-anak memiliki hak atas lingkungan hidup yang bersih dan sehat, sebab alam ini bukan warisan dari generasi sebelumnya, melainkan titipan bagi anak cucu yang harus dijaga bersama.

Hak Anak atas Lingkungan

Setiap anak berhak tumbuh dan berkembang dalam lingkungan yang sehat, aman, dan mendukung kehidupannya. Hak ini dijamin oleh *Konvensi Hak Anak* (CRC, 1989) yang telah diratifikasi oleh Indonesia melalui Keputusan Presiden Nomor 36 Tahun 1990, serta ditegaskan dalam Undang-Undang Perlindungan Anak dan Undang-

Undang-Perindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Namun, kenyataannya banyak anak di Indonesia masih hidup dalam lingkungan yang tercemar. Polusi udara, pencemaran sungai, dan dampak perubahan iklim menyebabkan gangguan kesehatan serta menurunkan kualitas hidup anak. Di sisi lain, kebiasaan konsumsi makanan instan dan jajanan tinggi gula, garam, serta lemak juga mengancam tumbuh kembang mereka. Kondisi ini menunjukkan bahwa hak anak atas lingkungan yang sehat belum sepenuhnya terpenuhi.

Menjaga lingkungan berarti melindungi hak anak untuk hidup sehat dan bahagia. Sekolah memiliki peran penting dalam mewujudkan hal ini melalui pendidikan dan praktik nyata yang menumbuhkan kesadaran ekologis, seperti mengelola sampah, menanam pohon, menghemat energi, dan kegiatan ramah lingkungan lainnya. Dengan demikian, sekolah menjadi ruang pembentukan generasi yang peduli, bertanggung jawab, dan beretika ekologis.

Konsep Sekolah Ekologis

Konsep Sekolah Ekologis yang dikembangkan oleh Aliansi Zero Waste Indonesia (AZWI) berkontribusi penting dalam memperkaya praktik pendidikan berkelanjutan di Indonesia. AZWI menekankan pentingnya pendidikan ekologis yang tidak berhenti pada teori, tetapi diwujudkan dalam tindakan nyata seperti pengelolaan sampah berbasis 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), pengurangan plastik sekali pakai, penyediaan kantin sehat, penghematan energi, serta kelestarian alam. Melalui pendekatan ini, sekolah tidak hanya mencerdaskan secara intelektual, tetapi juga menumbuhkan *ecological wisdom* di mana kebijaksanaan

ekologis yang menjadi fondasi perubahan sosial menuju masa depan berkelanjutan.

Dengan demikian, Sekolah Ekologis merupakan model pendidikan transformatif yang menyatukan ilmu pengetahuan modern, nilai budaya lokal, dan etika lingkungan. Ia hadir bukan sebagai proyek sesaat, tetapi sebagai gerakan pembudayaan yang menempatkan sekolah sebagai pusat peradaban baru peradaban yang menghormati kehidupan, merawat bumi, serta menumbuhkan generasi yang berpikir kritis dan bertindak ekologis.

Menyadari urgensi pendidikan lingkungan, Program Sekolah Ekologis hadir sebagai inisiatif AZWI yang menyediakan pendampingan dan modul. Program ini tidak hanya mencerdaskan peserta didik, tetapi juga menumbuhkan kebijaksanaan ekologis agar menjadikan alam sebagai mitra belajar, budaya lokal sebagai sumber nilai, dan peserta didik sebagai agen perubahan. Melalui fondasi ini, setiap tindakan kecil di sekolah menjadi langkah nyata, sekaligus mendukung program pemerintah seperti **Sekolah Adiwiyata**, **Sekolah Ramah Anak**, dan **Sekolah Sehat**, serta membuka jalan bagi implementasi Sekolah Ekologis yang menyeluruh dan berkelanjutan.

Pengertian Sekolah Ekologis

Sekolah Ekologis merupakan ruang belajar yang menumbuhkan pola pikir kritis, sikap peduli terhadap lingkungan dan ekosistemnya, serta penghargaan terhadap kearifan lokal. Sekolah ini menjunjung hak ekologis anak dan mendorong pemanfaatan sumber daya alam secara hemat, menggunakan material yang aman dan ramah

lingkungan, serta menciptakan suasana belajar yang setara, sehat, aman, dan adil bagi seluruh warga sekolah. Melalui pembiasaan dan pengalaman langsung, Sekolah Ekologis membentuk karakter peserta didik yang berakar pada nilai-nilai ekologis dan berorientasi pada keberlanjutan.

Tujuan Sekolah Ekologis

Sekolah Ekologis bertujuan untuk:

1. Menumbuhkan kesadaran ekologis
2. Membentuk perilaku ramah lingkungan
3. Menanamkan nilai tanggung jawab dan kepedulian sosial
4. Menghargai kearifan lokal dan hak ekologis anak
5. Mendorong pengelolaan sumber daya secara hemat dan berkelanjutan
6. Membangun karakter ekologis

Prinsip dan Nilai-Nilai Sekolah Ekologis

Sekolah Ekologis dibangun atas prinsip bahwa pendidikan harus menumbuhkan kesadaran manusia sebagai bagian dari ekosistem bumi. Prinsip ini menempatkan sekolah sebagai ruang pembelajaran hidup yang menghubungkan pengetahuan, nilai, dan tindakan nyata dalam menjaga keberlanjutan lingkungan.

Adapun nilai-nilai utama Sekolah Ekologis meliputi:

1. Keterhubungan (interconnectedness); menyadari bahwa manusia, alam, dan seluruh makhluk hidup saling bergantung.
2. Tanggung jawab ekologis; mengembangkan perilaku sadar lingkungan dalam setiap tindakan.

3. Kearifan lokal; menghargai nilai, tradisi, dan praktik budaya yang menjaga keseimbangan alam.
4. Kesetaraan dan keadilan ekologis; menjamin hak setiap anak atas lingkungan yang sehat, aman, dan layak.
5. Partisipasi dan kolaborasi; melibatkan seluruh warga sekolah, komite, wali murid dan masyarakat dalam aksi lingkungan.
6. Kesederhanaan dan efisiensi sumber daya; mengajarkan hidup hemat energi, air, dan material.
7. Refleksi dan pembelajaran berkelanjutan; mendorong evaluasi diri untuk terus memperbaiki perilaku dan kebijakan lingkungan sekolah.

Pijakan hukum Sekolah Ekologis

Sekolah Ekologis memiliki pijakan hukum yang kuat dalam konteks Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education for Sustainable Development/ESD) dan hak anak atas lingkungan yang sehat, baik dari sisi nasional maupun internasional. Pijakan hukum tersebut adalah:

- Konstitusi dan undang-undang nasional (UUD 1945, UU Pendidikan Nasional, UU Lingkungan, UU Perlindungan Anak),
- Kebijakan Nasional tentang SDGs
- Program Sekolah Ramah Anak
- Program Sekolah Berbudaya Perilaku Ramah Lingkungan
- Program Kantin Sekolah Sehat
- Kerangka hukum internasional (UNESCO, CRC, Agenda 21, Konvensi Hak Anak PBB).

Tema Materi Sekolah Ekologis

Materi dalam Sekolah Ekologis disusun dalam empat tema utama yang saling berkaitan dan bertujuan membentuk pola pikir, sikap, serta tindakan ekologis dalam kehidupan sehari-hari, yaitu:

- 1. Sampah dan Pengelolaannya**
- 2. Pangan Sehat**
- 3. Energi Terbarukan**
- 4. Konservasi Keanekaragaman Hayati**

Keempat tema ini menjadi pilar pembentuk karakter ekologis peserta didik. Melalui pembelajaran dan praktik langsung, anak-anak diajak memahami dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan, menghargai kearifan lokal, serta menumbuhkan tanggung jawab kolektif untuk menjaga bumi.

Seluruh materi lengkap tersedia dalam format digital yang dapat diakses oleh guru dan peserta didik. Namun sebelum mempelajari setiap tema, disarankan membaca Strategi Implementasi Sekolah Ekologis agar pelaksanaannya berjalan terarah, partisipatif, dan terintegrasi dalam kegiatan belajar serta budaya sekolah sehari-hari.

Strategi Implementasi Sekolah Ekologis

- 1. Kebijakan Sekolah & Komitmen Manajemen**
 - Tetapkan visi dan misi sekolah ekologis.
 - Integrasikan prinsip keberlanjutan dalam peraturan dan budaya sekolah.
 - Dukung guru/staf melalui pelatihan dan sumber daya.
- 2. Asesmen Lingkungan Sekolah**

- Evaluasi kondisi sampah, energi, kebun, kantin, dan ekosistem sekolah.
 - Identifikasi potensi dan tantangan untuk perbaikan.
3. Pembentukan Tim Sekolah Ekologis
 - Tim guru dan siswa-siswi sebagai penggerak program.
 - Tanggung jawab: koordinasi, monitoring, evaluasi, dokumentasi.
 - Libatkan komunitas dan orang tua.
 4. Implementasi Tema Utama
 - Sampah: kurangi, pilah, kompos, daur ulang, edukasi mikroplastik.
 - Pangan Sehat: kebun sekolah, kantin sehat, detektif mikroplastik, konsumsi bergizi.
 - Energi terbarukan: hemat energi, energi terbarukan, kehati-hatian penggunaan sampah sebagai energi.
 - Keanekaragaman Hayati: pelestarian hutan adat, tanaman lokal, konservasi tanah & air, kehati-hatian pestisida & transgenik, kearifan lokal.
 5. Integrasi Kurikulum & Pembelajaran
 - Masukkan prinsip ekologis ke semua mata pelajaran dan kegiatan ekstrakurikuler.
 - Guru sebagai fasilitator, menanamkan nilai ekologis di setiap kesempatan.
 6. Monitoring, Evaluasi & Inovasi
 - Lakukan monitoring rutin terhadap kemajuan program.
 - Evaluasi hasil belajar peserta didik.
 - Dorong inovasi guru & siswa untuk meningkatkan dampak positif.

7. Kolaborasi & Publikasi

- Kerja sama dengan komunitas, pemerintah, dan sektor swasta.
- Publikasikan kegiatan dan hasil untuk meningkatkan kesadaran lingkungan.

PANDUAN IMPLEMENTASI SEKOLAH EKOLOGIS



KEBIJAKAN SEKOLAH & KOMITMEN MANAJEMEN

Tetapkan visi dan misi sekolah ekologis.
Integrasikan prinsip keberlanjutan dalam peraturan dan budaya sekolah.
Dukung guru/staf melalui pelatihan dan sumber daya.



ASESMEN LINGKUNGAN SEKOLAH

Evaluasi kondisi sampah, energi, kebun, kantin, dan ekosistem sekolah.
Identifikasi potensi dan tantangan untuk perbaikan.



PEMBENTUKAN TIM SEKOLAH EKOLOGIS

Tim guru dan siswa-siswi sebagai penggerak program.
Tanggung jawab: koordinasi, monitoring, evaluasi, dokumentasi.
Libatkan komunitas dan orang tua.



IMPLEMENTASI TEMA UTAMA

Sampah: kurangi, pilah, kompos, daur ulang, edukasi mikroplastik.
Pangan Sehat: kebun sekolah, kantin sehat, detektif mikroplastik, konsumsi bergizi.
Energi: hemat energi, energi terbarukan, kehati-hatian penggunaan sampah sebagai energi.
Keanekaragaman Hayati: pelestarian hutan adat, tanaman lokal, konservasi tanah & air, kehati-hatian pestisida & transgenik, kearifan lokal.



INTEGRASI KURIKULUM & PEMBELAJARAN

Masukkan prinsip ekologis ke semua mata pelajaran dan kegiatan ekstrakurikuler.
Guru sebagai fasilitator, menanamkan nilai ekologis di setiap kesempatan.



MONITORING, EVALUASI & INOVASI

Lakukan monitoring rutin terhadap kemajuan program.
Evaluasi hasil belajar peserta didik.
Dorong inovasi guru & siswa untuk meningkatkan dampak positif.



KOLABORASI & PUBLIKASI

Kerja sama dengan komunitas, pemerintah, dan sektor swasta.
Publikasikan kegiatan dan hasil untuk meningkatkan kesadaran lingkungan

Langkah Kecil, Dampak Besar: Menuju Sekolah Ekologis

Sekolah Ekologis bukan sekadar konsep pendidikan, tetapi gerakan transformatif yang menanamkan kesadaran ekologis dalam seluruh aspek kehidupan sekolah. Melalui integrasi nilai budaya, ilmu pengetahuan, dan tindakan nyata, sekolah menjadi ruang hidup yang membentuk karakter peserta didik agar berpikir kritis, peduli, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Empat tema utama; sampah dan pengelolaannya, pangan sehat, energi, dan keanekaragaman hayati menjadi fondasi untuk menumbuhkan pola perilaku berkelanjutan di kalangan anak-anak, guru, dan seluruh warga sekolah. Proses menuju sekolah ekologis bukanlah perubahan instan, melainkan perjalanan bersama yang memerlukan komitmen, kolaborasi, dan keteladanan.

Aliansi Zero Waste Indonesia (AZWI), berharap program Sekolah Ekologis mampu memperkuat peran pendidikan dalam membangun generasi yang tidak hanya cerdas secara akademik, tetapi juga bijak ekologis, berakar pada kearifan lokal, dan berdaya menghadapi tantangan krisis lingkungan masa depan.

“Setiap tindakan kecil di sekolah hari ini adalah benih bagi bumi yang lestari esok hari.”

~ Aliansi Zero Waste Indonesia (AZWI)

#Peduli, Beraksi untuk Lingkungan Lestari

PENTINGNYA ENERGI TERBARUKAN

Energi terbarukan memiliki peran penting karena menawarkan solusi berkelanjutan untuk mengatasi krisis iklim, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan menciptakan ekonomi yang lebih bersih dan hijau serta kesehatan makhluk bumi yang lebih baik.

“Karena sekarang kita kehabisan gas dan minyak, maka kita harus bersiap untuk perubahan ketiga, yaitu mengetatkan konservasi dan membatasi penggunaan batu bara serta menggunakan sumber energi terbarukan secara permanen.”

~ **Jimmy Carter**

Presiden Amerika Serikat ke 39 dan Pendiri Carter Center

“Kita seperti petani penyewa yang menebang pagar di sekitar rumah kita untuk bahan bakar, padahal kita dapat menggunakan sumber energi alam yang tak habis-habis seperti matahari, angin, dan air. Kita tidak perlu menunggu minyak dan batubara habis sebelum mengatasinya”

~ **Thomas Edison**

Penemu Bola Lampu Pijar, Fonograf, Proyektor dan Interkom Elektrik

“Kita membutuhkan lebih banyak insentif untuk menyegerakan penggunaan tenaga angin dan surya. Insentif akan memangkas biaya, meningkatkan kemandirian energi dan keamanan nasional, serta mengurangi konsekuensi pemanasan global.”

~ **Hillary Clinton**

Politikus, Pengacara, dan Diplomat Amerika Serikat

"Kita punya solusi dan harus bergerak dengan cepat."

~ **Al Gore**

Penerima Penghargaan Nobel Perdamaian Tahun 2007
karena kiprahnya dalam perubahan iklim

MENGENAL ENERGI TERBARUKAN

Definisi energi terbarukan

- Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan dan dapat diperbarui terus menerus.
- Energi terbarukan tidak akan habis meskipun terus menerus digunakan, berbeda dengan energi fosil (minyak bumi, batu bara, gas alam) yang terbatas dan memerlukan jutaan tahun untuk terbentuk.

Sumber energi terbarukan

Energi terbarukan misalnya bersumber dari energi surya, angin, air, panas bumi dan biomassa. Energi terbarukan tersedia secara alami dan dapat diperbarui secara singkat.

Energi terbarukan menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang terbatas dan memberi dampak negatif pada lingkungan. Energi terbarukan dipandang lebih minim polutan sehingga jenis sumber energi terbarukan diyakini lebih aman bagi manusia maupun lingkungan sekitar.

Tentang energi terbarukan dan energi tak terbarukan

Energi terbarukan berasal dari alam dan dapat diperbarui secara alami dalam waktu singkat. Contohnya termasuk tenaga surya, tenaga angin, tenaga air (hidro), biomassa, dan panas bumi (geothermal). Karena terus-

menerus tersedia, energi ini dianggap lebih berkelanjutan dibandingkan dengan energi tak terbarukan. Energi terbarukan juga ramah lingkungan karena menghasilkan sedikit bahkan tidak ada emisi gas rumah kaca, sehingga dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim dan pencemaran udara.

Selain itu, perkembangan teknologi telah membuat energi terbarukan semakin kompetitif secara ekonomi. Biaya produksi listrik dari tenaga surya dan angin, misalnya, terus menurun dari tahun ke tahun. Di beberapa negara, termasuk Indonesia, mulai beralih ke energi terbarukan untuk meningkatkan ketahanan energi dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar impor. Menurut *International Renewable Energy Agency* (IRENA) dan *International Energy Agency* (IEA), penggunaan energi terbarukan juga mendorong penciptaan lapangan kerja baru di sektor teknologi hijau dan energi bersih.

Energi tak terbarukan berasal dari bahan-bahan yang terbentuk selama jutaan tahun dan tidak dapat diperbarui dalam waktu singkat. Jenis energi ini meliputi batu bara, minyak bumi, gas alam, dan uranium. Karena ketersediaannya terbatas, penggunaan energi tak terbarukan berisiko menguras cadangan alam dan menimbulkan krisis energi di masa depan. Selain itu, proses ekstraksi dan pembakarannya menghasilkan emisi karbon yang tinggi, yang merupakan penyebab utama pemanasan global dan pencemaran udara.

Meski demikian, energi tak terbarukan masih menjadi sumber utama dalam sistem energi global karena infrastrukturnya telah mapan dan teknologinya relatif

lebih murah di beberapa wilayah. Banyak negara masih bergantung pada bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan listrik, transportasi, dan industri.

Perbandingan energi terbarukan dengan energi tak terbarukan

Aspek	Energi Terbarukan	Energi Tak Terbarukan
Ketersediaan	Tersedia secara berkelanjutan dari alam (matahari, angin, air)	Terbatas, terbentuk jutaan tahun, tidak dapat diperbarui dalam waktu singkat
Dampak Lingkungan	Emisi karbon rendah dan lebih ramah lingkungan	Emisi karbon tinggi, penyebab utama pemanasan global dan polusi udara
Biaya & Tren	Biaya produksi cenderung menurun, terutama tenaga surya dan angin	Biaya bergantung pada pasar global dan cenderung meningkat
Ketahanan Energi	Meningkatkan kemandirian energi, dapat dikembangkan di lokal	Bergantung pada impor bahan bakar, rawan krisis energi
Contoh Sumber Energi	Surya, angin, air, biomassa, panas bumi	Batu bara, minyak bumi, gas alam, uranium

Jenis Energi	Biaya Produksi (USD/kWh)	Biaya Produksi (Rp/kWh)	Keterangan
Energi Terbarukan			
Surya (Solar PV)	\$ 0.02 – \$0.06	Rp 320 – Rp 960	Murah dan makin efisien
Angin (Onshore)	\$0.03 – \$0.07	Rp 480 – Rp 1.120	Stabil dan murah di banyak wilayah
Air (Hydro)	\$0.04 – \$0.08	Rp 640 – Rp 1.280	Investasi awal tinggi, namun operasional murah
Panas Bumi (Geothermal)	\$0.05 – \$0.10	Rp 800 – Rp 1.600	Cocok untuk wilayah vulkanik seperti Indonesia
Energi Tak Terbarukan			
Batu bara	\$0.05 – \$0.15	Rp 800 – Rp 2.400	Biaya tergantung bahan bakar dan biaya lingkungan
Gas Alam	\$0.07 – \$0.16	Rp 1.120 – Rp 2.560	Fluktuatif tergantung harga pasar
Minyak (diesel/PLTD)	\$0.20 – \$0.30	Rp 3.200 – Rp 4.800	Mahal, boros, dan sangat mencemari

Sumber:

- IRENA (2023). *Renewable Power Generation Costs* <https://www.irena.org>
- IEA (2023). *World Energy Outlook* <https://www.iea.org>

Beberapa jenis sumber energi terbarukan

1. Energi Surya (*Solar Energy*) adalah energi yang dihasilkan dari sinar matahari melalui panel surya atau teknologi lainnya. Dan dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, memanaskan air, dan kebutuhan rumah tangga atau industri lainnya.

Kelebihan energi surya

- Ramah lingkungan (tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca).
- Sumber energi tak terbatas.
- Dapat digunakan di daerah terpencil.
- Biaya operasional rendah setelah instalasi.

Kekurangan energi surya

- Biaya awal pemasangan cukup tinggi.
- Efisiensi bergantung pada cuaca dan waktu (tidak ada sinar matahari saat malam atau mendung).
- Untuk daerah pelosok mendapatkan kesulitan untuk mendapatkan suku cadang pengganti dan biaya suku cadang yang mahal selain kesulitan dalam menemukan teknisi yang kompeten.
- Sebagian besar produk panel surya yang beredar di pasaran masih mengandung komponen berbahaya yang memerlukan penanganan khusus, dan memiliki umur pakai tertentu. Sedangkan pengelolaan limbah bagi panel surya yang sudah tidak terpakai masih langka.



Sumber: Sunspower.com

2. Energi Angin (*Wind Energy*) adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan angin yang menggerakkan turbin angin untuk menghasilkan listrik. Pembangkit listrik energi angin dapat beroperasi dalam skala besar, seperti di ladang angin, maupun skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga dengan turbin angin kecil.

Beberapa daerah di Indonesia yang memiliki potensi angin yang signifikan antara lain Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, dan pantai utara Pulau Jawa. Jeneponto dan Sidrap di Sulawesi Selatan merupakan daerah perintis pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB).

Kelebihan energi angin

- Mengurangi emisi karbon.
- Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
- Biaya operasional rendah.
- Cocok untuk daerah dengan angin kencang dan konsisten.
- Dapat dipasang di darat atau lepas pantai (offshore).

Kekurangan energi angin

- Biaya investasi awal yang sangat tinggi.
- Tidak stabil (tergantung kecepatan angin).
- Membutuhkan lahan luas (untuk ladang angin).
- Dapat menimbulkan gangguan suara (kebisingan).
- Berdampak pada burung dan ekosistem



Sumber: Gramedia.com

3. Energi Air (*Hydropower*) adalah energi yang dihasilkan dari pergerakan air, baik dari sungai, air terjun, atau arus laut. Air yang bergerak menghasilkan energi terbarukan alami dalam jumlah besar. Energi air merupakan sumber energi terbarukan yang sangat melimpah, namun umumnya hanya dimanfaatkan terbatas pada irigasi pertanian, rekreasi, dan konsumsi manusia, sedangkan potensinya sangat luar biasa. Proses konversi energi air relatif sederhana, yaitu dengan menggunakan kincir air. Aliran air yang kuat menggerakkan kincir, gerakan kincir air menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik ini dimanfaatkan untuk memutar generator, yang pada akhirnya menghasilkan energi.

Energi air dapat dibedakan menjadi skala besar dan kecil, contoh energi air skala besar misalnya pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang memanfaatkan sungai besar dan bendungan, sedangkan skala kecil mencakup PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) yang memanfaatkan aliran sungai kecil, saluran irigasi, atau air terjun dengan memanfaatkan tinggi terjunan dan debit air yang lebih kecil.



Sumber: <https://fatek.umsu.ac.id/>



Sumber: <https://blog.indobot.co.id/pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro-berbasis-iot/>

Kelebihan energi air

- Ramah lingkungan (emisi karbon rendah).
- Stabil dan andal (produksi listrik konsisten).
- Dapat menyimpan energi.
- Umur pembangkit sangat panjang.

Kekurangan energi air

- Biaya awal pembangunan tinggi.
- Dapat mengganggu ekosistem sungai.
- Memerlukan area luas (untuk bendungan).
- Resiko bencana jika bendungan rusak.

4. Energi Biomassa (*Biomass Energy*) adalah energi yang dihasilkan dari bahan organik seperti kayu, limbah pertanian, dan sampah organik. Material-material ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi melalui berbagai proses.

Material organik seperti kayu dapat langsung digunakan sebagai sumber energi, sedangkan kotoran hewan, limbah rumah tangga, dan limbah pertanian memerlukan proses tertentu untuk menghasilkan berbagai produk seperti biodiesel, bioetanol, biogas, dan bioavtur. Energi biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, dan bahan bakar seperti biogas dan biodiesel.

Biogas bahan baku utamanya adalah bahan organik yang dapat mengalami dekomposisi atau pembusukan, jadi dapat berasal dari biomassa. Biogas dapat terjadi secara alami seperti yang ada di tempat pembuangan akhir sampah ataupun di rawa-rawa yang mengandung banyak tumbuhan yang mengalami pembusukan.

Dengan bantuan bakteri, bahan organik akan diurai dan salah satu hasilnya adalah gas metana yang merupakan komponen utama dan yang sangat diperlukan di dalam biogas. Biogas diperoleh dengan menempatkan bahan organik di dalam tangki pemroses (digester) lalu gasnya ditampung. Hasil tumpungan ini dapat dimanfaatkan secara langsung misalnya untuk memasak atau dimurnikan lagi supaya diperoleh kualitas biogas yang lebih baik. Bahan baku biogas yang paling banyak digunakan adalah limbah peternakan, diantaranya limbah ternak sapi.



Ampas/sisa hasil pertanian



Sisa-sisa industri



Ampas/sisa hasil hutan



kotoran



Sisa/ampas dari pengolahan



Limbah/sampah padat

Sumber: <https://kumparan.com/astuti-1723104066626326940/>

5. Energi Panas Bumi (*Geothermal Energy*) atau geothermal, adalah energi yang bersumber dari panas yang tersimpan di dalam bumi, terutama dari inti bumi yang diperkirakan memiliki suhu sekitar 5.500 derajat Celsius. Panas bumi ini terdapat di seluruh dunia, terutama di daerah dengan aktivitas vulkanik atau tektonik yang tinggi, seperti jalur gunung api. Panas bumi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah untuk pembangkit listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) memanfaatkan panas bumi yang diekstrak melalui pengeboran sumur untuk menghasilkan listrik dan pemanasan. Pengeboran biasanya dilakukan hingga kedalaman 1,5 km atau lebih untuk mencapai reservoir panas bumi. Panas ini kemudian digunakan untuk memanaskan fluida, yang dapat berupa air atau cairan lain dengan titik didih rendah, yang kemudian menguap dan menggerakkan turbin yang terhubung ke generator untuk menghasilkan listrik.

Keuntungan energi panas bumi

- Ramah lingkungan (emisi gas rumah kaca sangat rendah).
- Terbarukan dan dapat digunakan terus menerus.
- Stabil dan tidak tergantung cuaca (berbeda dengan matahari atau angin).
- Potensi besar di daerah vulkanik, seperti Indonesia.

Kekurangan energi panas bumi

- Investasi awal mahal (pemboran dan eksplorasi).
- Lokasi terbatas – hanya dapat dimanfaatkan di area tertentu.
- Risiko geologis – misalnya, gempa kecil akibat pengeboran.

LANDASAN HUKUM ENERGI TERBARUKAN

Di Indonesia terdapat Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang mengatur tentang pengembangan energi baru terbarukan (EBT). Peraturan Presiden ini menjadi dasar hukum untuk diversifikasi energi dan peningkatan efisiensi energi, serta mengurangi ketergantungan pada energi fosil, khususnya minyak bumi.

Pada tahun 2007 terbit Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi. Tujuan diterbitkannya undang-undang tersebut adalah untuk menjamin ketersediaan, pemanfaatan, dan pengelolaan energi berkelanjutan, berkeadilan, dan berwawasan lingkungan. Undang-undang tersebut mengamanatkan tentang peran pemerintah nasional dan pemerintah daerah dalam pengelolaan energi, termasuk penyusunan kebijakan, pembinaan, dan pengawasan. Selain amanat tersebut juga menekankan pentingnya konservasi energi dan memberikan insentif bagi pengguna energi yang melaksanakan konservasi energi dan disinsentif bagi yang tidak melaksanakan.

Selain itu terdapat Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 62 Tahun 2014 tentang Pengesahan Statute of The International Renewable Energy Agency (Statuta Badan Energi Terbarukan Internasional). Beberapa peraturan pelaksana dari Undang-Undang 30 tahun 2007 yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional dan Peraturan

Pemerintah Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik.

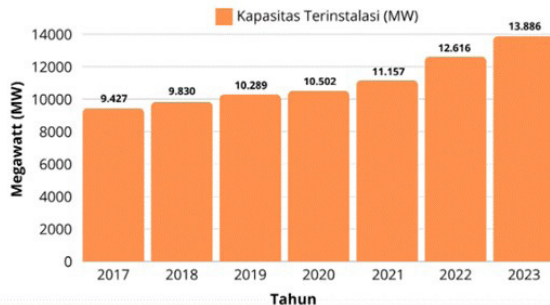
Pada tahun 2023 dilaksanakan Conference of the Parties 28 atau COP28 (Ini adalah pertemuan tahunan Perserikatan Bangsa-Bangsa/PBB yang membahas tentang perubahan iklim, khususnya di bawah Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim/UNFCCC). COP28 di Dubai, United Arab Emirates diselenggarakan dengan tujuan mempercepat transisi energi global dan mencapai komitmen global "Tripling Renewable Energy by 2030". Dengan beberapa poin utama, peralihan dari bahan bakar fosil, meningkatkan kapasitas energi terbarukan, dana kerugian dan kerusakan, aksi iklim berkeadilan, dan penanganan emisi metana.

KONDISI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA

Menurut data Institute for Essential Service Reform (IESR) tahun 2019, persentase konsumsi EBT masih tergolong sangat rendah, diperkirakan hanya sekitar 13% dari total konsumsi energi di Indonesia. Hal ini berbanding terbalik dengan persentase konsumsi energi fosil sebesar 87% dari total konsumsi energi di Indonesia. Konsumsi dari energi fosil, terutama minyak bumi masih menjadi sumber energi yang paling banyak digunakan.

Minyak bumi sebagai salah satu jenis sumber energi memiliki berbagai dampak bagi kehidupan manusia karena telah dimanfaatkan secara masif dalam kurun waktu yang lama. Namun, seiring dengan berbagai manfaat yang dirasakan oleh manusia, sumber energi minyak bumi memiliki banyak kekurangan, mulai dari keterbatasan jumlah di alam, proses produksi hingga dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dari penggunaan sumber energi minyak bumi secara terus-menerus.

Kapasitas Pembangkit Listrik EBT Capai 13.155 MW Pada 2023



Sumber: <https://renewableenergy.id/data-energi-terbarukan/>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), pada tanggal 18 Januari 2024 menyampaikan bahwa kapasitas pembangkit listrik tenaga (PLT) energi baru terbarukan (EBT) tahun 2023 mencapai 13.155 MW. Sementara, untuk target kapasitas terpasang pembangkit EBT 2024 sebesar 13.886 MW. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kapasitas terpasang dari tahun sebelumnya.

Kapasitas PLT EBT terdiri atas

1. 6.784,2 MW tenaga air.
2. 2.417,7 MW tenaga panas bumi.
3. 3.195,4 MW bioenergi.
4. 573,8 MW tenaga surya.
5. 154,3 MW tenaga angin.
6. 30,0 MW tenaga gas batubara.

Fakta tentang impor energi Indonesia, sejak 2003 Indonesia telah memulai mengimpor energi, dikarenakan adanya lonjakan konsumsi energi nasional yang sangat tinggi. Kepala Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada saat peluncuran buku Perspektif, Potensi dan Cadangan Energi Indonesia di Jakarta, Selasa (25/9/2018) menyatakan Indonesia akan darurat energi dan diperkirakan akan menjadi importir batu bara pada tahun 2049. Mengapa diprediksi akan terjadi darurat energi, karena Indonesia mengonsumsi sekitar 306 juta ton batu bara pada tahun 2023 dan sekitar 130 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik PLN di seluruh Indonesia masih menggunakan batu bara sebagai sumber pembangkit listriknya. Hal ini menjadikan Indonesia salah satu konsumen batu bara terbesar di dunia .

Meskipun Indonesia selalu mengklaim memiliki cadangan batubara dan minyak yang melimpah, namun produksi dalam negeri tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi energi, bahan bakar minyak (BBM), termasuk solar. Perlu diketahui selain bahan bakar fosil atau batu bara yang menjadi unggulan sebagai sumber energi listrik di Indonesia, sebagian besar masyarakat Indonesia yang bertempat tinggal di daerah terluar dan tertinggal masih bergantung pada penggunaan diesel berbahan solar dalam mendapatkan energi listrik. Menurut Kementerian ESDM penggunaan BBM (termasuk solar) untuk pembangkit listrik mencapai 24.1% dari total sumber energi.

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia adalah importir minyak mentah terbesar kedua di dunia, dan terus mengimpor lebih banyak minyak seiring dengan peningkatan konsumsi dalam negeri. Sehubungan dengan hal tersebut, pemerintah sedang berupaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mendorong penggunaan energi terbarukan.

Penggunaan dan pengelolaan energi terbarukan perlu mulai dikomunikasikan dan disosialisasikan dengan baik kepada masyarakat, selain untuk mendukung upaya mengurangi ketergantungan pada energi fosil juga memberikan alternatif agar pemerintah daerah dan masyarakat memiliki pilihan dalam memperoleh energi listrik sehingga tidak ada lagi kepanikan dan kerugian ekonomi, sosial, psikologis serta gangguan pada pelayanan publik akibat ketiadaan listrik maupun pemadaman total (*blackout*) di suatu daerah.

Fenomena *blackout* di pulau Bali, provinsi Jakarta dan sekitarnya

Pada tanggal 2 Mei 2025, Bali mengalami pemadaman listrik total atau *blackout* yang berdampak pada seluruh wilayah pulau. Pemadaman ini diduga disebabkan oleh gangguan pada PLTU Celukan Bawang, yang menyebabkan terhentinya pasokan listrik ke Bali. Perusahaan Listrik Negara (PLN) menyatakan bahwa gangguan ini bukan disebabkan oleh serangan siber tapi diduga kuat disebabkan oleh gangguan pada PLTU Celukan Bawang. Tapi banyak pendapat mengatakan bahwa gangguan ini disebabkan putusnya sambungan kabel bawah laut (*submarine cable*) yang menghubungkan sistem kelistrikan Jawa dan Bali, membuat suplai utama terganggu dan menyebabkan seluruh pembangkit di Bali ikut terganggu. Pemadaman listrik total atau *blackout* terjadi selama 12 jam yang berdampak terganggunya aktivitas masyarakat, sejumlah lampu lalu lintas mati, kemacetan meluas, serta gangguan pada layanan publik dan bisnis pariwisata.



Ilustrasi pemadaman listrik total atau *blackout*.
Sumber: <https://www.detik.com>

Fenomena serupa juga terjadi di Provinsi Jakarta tepatnya daerah Jagakarsa, Jakarta Selatan dan Ciputat, Tangerang Selatan yang mengalami *blackout* selama 3 hari berturut-turut pada tahun 2019. Akibatnya, sekitar 21 juta pelanggan mengalami pemadaman listrik, berbagai aktivitas masyarakat jadi lumpuh. Jumlah kerugian akibat pemadaman listrik diperkirakan 90 milyar rupiah.

Kejadian ini menyoroti betapa rentannya sistem energi di Indonesia yang terlalu bergantung pada sumber energi tak terbarukan seperti batu bara atau gas. Saat terjadi gangguan, *blackout* menjadi ancaman nyata seperti yang dialami Bali. Lebih dari 50% pasokan listrik di Bali masih bergantung pada PLTU di Jawa seperti Paiton melalui kabel bawah laut.

Provinsi Bali melalui wakil Gubernur Bali, dalam rangka meningkatkan ketahanan energi, berupaya mengembangkan energi terbarukan lokal seperti panel surya atap. Inisiatif ini selaras dengan Peraturan Gubernur No.45/2019 dan target transisi energi bersih, serta potensi bauran terbarukan mencapai 100 % pembangkit di masa depan. Dengan transisi tersebut, Bali tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan pasokan eksternal, tetapi juga memperkuat ketahanan energi lokal, mendukung lingkungan yang lebih bersih, serta memperkaya kemandirian ekonomi kawasan.

Hal senada juga disampaikan oleh Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), Kementerian ESDM Eniya Listiani Dewi bahwa kemandirian energi di Pulau Bali perlu menjadi perhatian berkaca dari peristiwa tersebut (*blackout* Bali).

Listrik Padam Seluruh Bali? Benar Kata Koster: Harus Mandiri Energi



Wacana Bali

02/05/2025, 22:05 WIB



<https://wacanabali.com/2025/05/02/listrik-padam-seluruh-bali-benar-kata-koster-harus-mandiri-energi/>

EFISIENSI DAN KONSERVASI ENERGI

Manfaat utama energi terbarukan

Manfaat energi terbarukan yang paling utama tentunya lebih ramah lingkungan karena penggunaan energi terbarukan dapat mengurangi kerusakan lingkungan dan polusi udara. Energi terbarukan sumber bahan bakunya tersedia secara gratis sehingga biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi cenderung lebih rendah. Karenanya, energi terbarukan menawarkan berbagai manfaat yang signifikan bagi lingkungan, ekonomi, dan masyarakat.

1. Ramah lingkungan: mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang berkontribusi terhadap perubahan iklim dan masalah kesehatan.
2. Sumber daya berkelanjutan: sumber energi ini merupakan alami dan tidak akan habis, sehingga menyediakan solusi jangka panjang untuk kebutuhan energi global.
3. Mengurangi ketergantungan pada energi fosil: dengan menggunakan energi terbarukan, ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas dan berfluktuasi harganya dapat dikurangi.
4. Menciptakan lapangan kerja: industri energi terbarukan menciptakan lapangan kerja baru dalam pemasangan, pemeliharaan, dan penelitian teknologi energi bersih.
5. Keamanan Energi: mengurangi risiko geopolitik yang terkait dengan impor energi fosil dari negara-negara tertentu.

Penghematan energi

Penghematan energi adalah upaya untuk menggunakan energi secara lebih efisien dan mengurangi pemborosan. Ini penting untuk mengurangi dampak lingkungan, menurunkan biaya energi, dan menjaga sumber daya alam. Pembakaran energi fosil akan menghasilkan gas rumah kaca yang nantinya akan menyebabkan pemanasan global. Perubahan iklim dampaknya sangat luas di berbagai sektor kehidupan manusia. Beberapa dampak dari perubahan iklim antara lain suhu permukaan bumi meningkat, es kutub mencair sehingga permukaan air laut meningkat, curah hujan meningkat, musim kemarau yang panjang yang berdampak pada berkurangnya sumber mata air, Perubahan iklim juga diketahui menjadi penyebab munculnya penyakit baru.

Tujuan utama dari penghematan energi adalah mengurangi konsumsi energi tanpa mengurangi kualitas hidup atau kinerja suatu sistem. Upaya penghematan energi mencakup berbagai aspek, mulai dari penggunaan perangkat listrik yang efisien hingga perubahan perilaku untuk mengurangi konsumsi energi.

Bicara tentang penghematan energi, akan mengacu pada konsep efisiensi energi dan konservasi energi. Keduanya merupakan dua hal yang berbeda meskipun sering dikaitkan atau bahkan dianggap sama. Peningkatan dalam efisiensi energi dapat menjadi sarana untuk mencapai konservasi energi, tetapi tidak sebaliknya. Efisiensi dan konservasi tentu terkait, meski tidak identik. Peningkatan efisiensi biasanya mengarah pada penghematan energi.

Efisiensi energi sebagai penggunaan metode, proses, atau peralatan alternatif untuk menghasilkan hasil tertentu (produk atau layanan, misalnya) dengan lebih sedikit energi. Implementasi jenis perubahan ini sebagian besar bergantung pada ketersediaan teknologi dan justifikasi ekonomi. Efisiensi energi mengacu pada kemampuan perangkat atau proses konversi energi untuk berhasil mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk lain yang lebih berguna.

Efisiensi energi juga terkadang merujuk pada konsumsi energi satuan yang menentukan jumlah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah produk atau layanan dari perangkat atau proses tertentu. Semakin kecil jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan sejumlah produk atau layanan berharga, maka semakin efisien perangkat atau proses tersebut.

Konservasi energi adalah upaya yang dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi dalam rangka melestarikan sumber daya untuk masa depan dan mengurangi pencemaran lingkungan. Hal ini dapat dicapai melalui penggunaan energi yang efisien atau dengan mengurangi konsumsi layanan energi. Konservasi mengacu pada tindakan untuk mengurangi penggunaan energi. Langkah-langkah ini dapat mencakup pilihan penghematan untuk mengurangi aktivitas konsumsi energi atau insentif untuk menggunakan teknologi yang lebih efisien untuk melakukan hal yang sama dengan input energi yang lebih sedikit. Konservasi melibatkan pembuatan pilihan, yang sering kali mencakup keputusan untuk meniadakan beberapa aktivitas atau mengubah cara melakukannya.

Penghematan energi tidak sekadar menjadi gaya hidup atau kecenderungan masa kini. Menghemat energi menjadi kewajiban bagi setiap manusia. Perubahan iklim yang begitu cepat dan penurunan suhu bumi yang drastis menjadi alasan utama untuk menjalankan kehidupan yang berbasis lingkungan. Menghemat energi merupakan tindakan sangat sederhana yang dapat dilakukan untuk menyelamatkan lingkungan.

Upaya penghematan energi dalam kehidupan sehari-hari

Energi yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari terbagi menjadi beberapa bentuk sesuai dengan kebutuhannya. Mulai dari energi listrik, air, bahan bakar dan banyak lagi yang lainnya. Upaya penghematan energi dapat dilakukan dengan berbagai cara anantara lain melakukan penghematan energi listrik, air, dan bahan bakar.

Berikut ini adalah beberapa kegiatan upaya penghematan energi.

- Menanam pohon di halaman rumah agar kondisi rumah tetap sejuk meski udara sedang panas.
- Apabila mencuci pakaian dan cuaca diluar sedang panas kurangi menggunakan mesin pengering, pakaian dapat dijemur dengan memanfaatkan matahari dan angin.
- Matikan lampu di ruangan yang tidak terpakai.
- Menggunakan peralatan listrik yang memiliki daya kecil.
- Menggunakan lampu hemat energi.
- Matikan catu daya peralatan listrik apabila tidak digunakan atau sedang meninggalkan ruangan. Agar lebih efisien gunakan stop kontak yang memiliki

tombol *on/off*. Bila tidak lagi diperlukan maka stop kontak lebih baik dicabut agar mengurangi resiko permasalahan kelistrikan (korsleting dan kebakaran) selain untuk hemat energi.

- Tidak membiarkan pintu kulkas dibuka berlama-lama.
- Tidak membiarkan jendela atau pintu pada posisi terbuka saat sedang menyalakan pendingin udara atau AC.
- Mengatur suhu AC secara efisien. Atur suhu AC pada 24-26 derajat Celcius
- Menggunakan timer untuk mengatur waktu nyala dan mati AC.
- Masak dengan rice cooker atau panci tertutup agar lebih cepat matang dan hemat energi.
- Gunakan mode hemat energi pada peralatan elektronik seperti TV dan komputer. Fitur ini dapat mengoptimalkan penggunaan daya.
- Jangan membiarkan peralatan elektronik TV, Komputer, Laptop, Handphone dalam posisi standby atau tidak dimatikan. Jika tidak dimatikan tetapi dalam posisi *standby* tetap ada pemakaian energi.
- Letakan peralatan elektronik seperti AC, lemari pendingin, TV, monitor TV tidak menempel pada tembok atau plafon. Ada jarak 10-15 cm agar kipas dari peralatan elektronik tersebut dapat bekerja maksimal.
- Jika pengisian daya laptop atau handphone sudah penuh segera dicabut chargernya.
- Memanfaatkan cahaya dan ventilasi alami dari jendela untuk mengurangi penggunaan lampu dan AC.
- Rutin membersihkan dan mengkalibrasi peralatan agar bekerja lebih efisien. Contohnya membersihkan kipas dan kondensor AC.

- Memasak di saat waktu sudah dekat dengan makan sehingga tidak perlu menghangatkan makanan lagi.



Barcode Penghematan Listrik



Barcode Hemat Penggunaan AC

Beberapa upaya penghematan energi dengan cara menghemat air.

- Mematikan air keran saat sedang menyikat gigi.
- Mandi dengan gayung atau pancuran dan jangan mandi berendam di bak yang berpotensi membuang air.
- Menggunakan detergen atau sabun cuci secukupnya dan bilas dengan air secukupnya.
- Gunakan keran hemat air (aerators) yang dapat mengurangi aliran dan tekanan air sehingga pemakaian air dapat hemat hingga 50 persen.
- Perbaiki keran bocor karena air akan terus menetes dan membuang lebih dari 90 liter air per bulan. Segera perbaiki keran bocor untuk menghemat air.
- Usahakan mandi tidak lebih dari 5 menit. Semakin singkat mandi, semakin sedikit air dan energi yang terbuang. Mandi menggunakan pancuran lebih hemat dibandingkan menggunakan gayung.
- Menampung air hujan, menggunakan ulang air bekas cucian dan air mandi untuk menyiram tanaman atau membersihkan kendaraan dan halaman.
- Periksa pipa-pipa air untuk memastikan tidak ada kebocoran yang menyebabkan pemborosan air.

Berikut ini upaya penghematan energi dengan cara menghemat bahan bakar minyak.

- Lebih sering berjalan kaki atau bersepeda jika bepergian dalam jarak dekat dan tidak perlu menggunakan kendaraan bermotor.
- Menggunakan transportasi massa jika bepergian jauh. Menggunakan bus atau kereta jauh lebih hemat pemakaian energi dibandingkan menggunakan kendaraan pribadi.

- Melakukan perawatan berkala agar mesin kendaraan selalu dalam kondisi prima.
- Hindari menggunakan AC mobil pada saat macet.
- Mematikan mesin saat lalu lintas dalam kondisi tersendat atau terhenti, saat mengisi BBM di Pompa Bensin dan lainnya.
- Memilih kendaraan dengan model yang memiliki nilai efisiensi BBM tinggi.
- Menerapkan sistem transportasi terencana dan terkelola dengan baik agar efisien dalam penggunaan BBM

EDUKASI DAN AKSI ENERGI TERBARUKAN

Energi terbarukan memiliki peran yang sangat penting dalam mewujudkan masa depan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi dari energi terbarukan berkembang pesat, seperti tenaga surya, angin, mikro hidro, dan biomassa.

Edukasi dan aksi dalam pemanfaatan energi terbarukan telah dilakukan oleh berbagai pihak, termasuk pemerintah, industri, masyarakat, dan sekolah. Di tingkat sekolah, kegiatan lebih difokuskan pada pemanfaatan energi terbarukan, penelitian sederhana, demonstrasi, dan praktik eksperimen yang mendukung pemahaman konsep secara langsung.

Berbagai aksi dan penerapan di sektor energi terbarukan merupakan bagian dari mitigasi untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) dan mendukung pengembangan energi berkelanjutan. Aksi-aksi tersebut telah banyak dilakukan dan memerlukan dukungan dari semua pihak. Berikut adalah contoh kegiatan yang dapat dilakukan di tingkat sekolah.

Pembuatan atau pemasangan panel surya

Panel surya adalah alat yang dapat merubah energi cahaya matahari menjadi listrik. Dengan menggunakan panel surya, kita dapat memanfaatkan energi alami yang ada di bumi, ramah lingkungan dan hemat listrik, dan tidak menghasilkan polusi.

Panel surya terdiri dari sejumlah sel surya yang disusun secara teratur untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari. Sel surya berfungsi sebagai komponen utama yang menangkap cahaya matahari. Proses perubahan energi matahari menjadi listrik dimulai ketika sel surya menyerap cahaya, yang kemudian memicu pergerakan elektron antara kutub positif dan negatif. Gerakan elektron ini menghasilkan aliran listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi berbagai perangkat elektronik.

Dalam menghadapi krisis energi yang semakin mendesak, pemanfaatan panel surya menjadi langkah penting bagi sekolah-sekolah untuk menekan biaya energi sekaligus mendidik generasi muda mengenai prinsip keberlanjutan. Beberapa contoh sekolah yang telah menggunakan energi surya antara lain SDN Kleco 1 dan SDN Kleco 2 di Solo, serta SMAN 5 Surabaya. Diharapkan, sekolah-sekolah lain di Indonesia dapat memperoleh dukungan dari pemerintah untuk menerapkan teknologi serupa.



Pemanfaatan panel surya disekolah. Sumber: infokomputer.grid.id



Barcode video pembelajaran tentang pembuatan panel surya sederhana

Energi listrik alternatif dari bahan organik

Energi listrik alternatif dari bahan organik atau dikenal sebagai bioenergi, adalah energi yang berasal dari sumber-sumber biologis dan organik yang dapat diolah melalui berbagai proses untuk menghasilkan listrik, seperti pembakaran, gasifikasi, dan fermentasi. Pemanfaatan energi alternatif ini menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi masalah lingkungan.

Beberapa sumber biologis dan organik yang dapat diolah menjadi energi listrik alternatif.

1. Sisa-sisa kayu dapat dibakar untuk menghasilkan panas.
2. Sampah organik dan limbah makanan dapat diolah menjadi gas metana.
3. Kotoran ternak seperti sapi dan ayam dapat difermentasi untuk menghasilkan biogas.
4. Serbuk gergaji dan limbah pertanian.



Sumber: <https://radargresik.jawapos.com/lifestyle/83929415/inovasi-siswa-smp-temukan-energi-listrik-dari-limbah-tempe>

5. Tumbuhan penghasil minyak: beberapa jenis tumbuhan yang menjadi sumber biodiesel di antaranya adalah kelapa sawit, jarak pagar, dan nyamplung. Selain itu, ada juga potensi dari tanaman lain seperti kelapa, kemiri, dan saga hutan.
6. Beberapa jenis buah-buahan juga dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alternatif melalui proses bioelektrokimia atau fermentasi. Namun, energi yang dihasilkan dari buah-buahan ini sangat kecil dan lebih cocok untuk eksperimen atau untuk menunjukkan konsep dasar reaksi kimia yang menghasilkan listrik.

Berikut beberapa buah yang dapat dijadikan energi listrik alternatif:

- Jeruk dan lemon: mengandung asam sitrat yang dapat bereaksi dengan logam seperti seng dan tembaga untuk menghasilkan aliran listrik. Ini sering digunakan dalam eksperimen sains sebagai "baterai jeruk".

- Kentang: memiliki kandungan pati yang dapat berperan dalam menghasilkan listrik saat dihubungkan dengan elektroda logam.
- Apel: beberapa eksperimen menunjukkan bahwa apel, karena kadar asam yang terkandung di dalamnya, juga dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dengan cara yang mirip dengan jeruk atau lemon.
- Pisang: pisang yang sudah matang mengandung gula dan cairan elektrolit yang dapat menghasilkan energi listrik ketika digunakan dalam sel bioelektrokimia.

Praktik pembuatan energi listrik alternatif dari buah lemon.

Peralatan dan bahan yang diperlukan.

- Empat buah lemon
- Empat buah uang logam
- Empat buah paku
- Tiga pasang kabel penjepit buaya berwarna hitam dan merah
- lampu LED ukuran kecil

Cara membuat energi listrik alternatif dari buah lemon antara lain:

- Gulingkan lemon dengan kuat diatas meja untuk mengeluarkan sarinya.
- Masukkan satu buah uang logam dan satu buah paku pada masing-masing lemon secara vertikal, dengan ujung mencuat keluar.
- Hubungkan satu ujung kabel pada uang logam di buah 1 dan satu ujung kabel lainnya pada paku di buah lainnya. Pastikan posisi penjepitan kabel ini

selang-seling antara uang logam dan paku pada buah yang berbeda.

- Kemudian hubungkan ujung kabel yang tersisa pada kabel yang berisi lampu LED kecil.
- Perhatikan nyala pada lampu.



Sumber: min2palembang.sch.id



Sumber: <https://dm.sch.id/article/view/110/belajar-menemukan-energi-alternatif-bersama-siswa-sd>



Barcode tutorial praktek pembuatan energi listrik alternatif dari bahan organik

Penggunaan mikrohidro di daerah terpencil

Mikrohidro merupakan pembangkit listrik tenaga air yang berskala kecil dengan memanfaatkan energi air (sungai, air terjun, dan irigasi). Ketersediaan air yang mengalir, beda ketinggian, dan kapasitas aliran merupakan syarat kerja mikrohidro.



Mikrohidro Sumber: <https://www.helmykediri.com>

Penggunaan mikrohidro sangat efektif bagi daerah-daerah yang belum terjangkau oleh aliran Pembangkit Tenaga Listrik (PLN) misalnya seperti di daerah-daerah pedesaan dan daerah terpencil. Hal tersebut karena mikrohidro memiliki kelebihan berikut ini.

1. Energi Terbarukan: MIKROHIDRO merupakan energi yang dapat diperbaharui secara alami. Aliran air yang digunakan untuk menghasilkan listrik tidak akan habis, asalkan sumber air tersebut terjaga dengan baik
2. Ramah lingkungan: Tidak menghasilkan emisi karbon atau polusi udara
3. Bahan bakar gratis dan lokal: Bahan bakar gratis dan lokal



Barcode video pembelajaran pembuatan mikrohidro sederhana.
Sumber: youtube.yobeagger

Penggunaan atap genteng kaca

Atap rumah berbahan kaca dibuat dengan tujuan agar cahaya matahari dapat masuk ke dalam bangunan, sehingga dapat menurunkan ketergantungan pada energi buatan. Material yang digunakan umumnya bersifat transparan atau semi-transparan, seperti kaca maupun polikarbonat, yang memungkinkan cahaya alami menerangi ruangan pada siang hari. Selain itu, panas dari sinar matahari juga dapat dimanfaatkan untuk menjaga suhu ruangan tetap hangat, terutama di daerah bersuhu rendah, sehingga pemakaian alat pemanas dapat dikurangi.

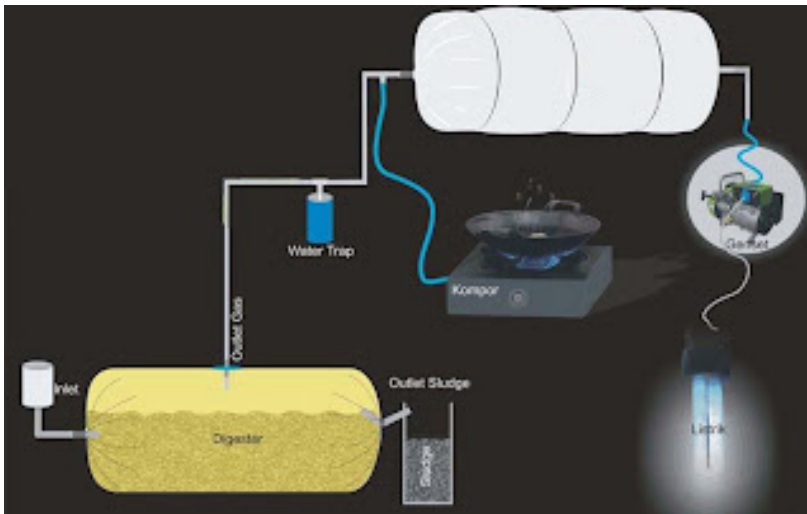
Penerapan atap rumah kaca selaras dengan konsep bangunan ramah lingkungan karena mendukung penghematan energi, menurunkan emisi gas rumah kaca, dan mengurangi konsumsi listrik untuk penerangan serta pemanas ruangan. Secara keseluruhan, desain ini tidak hanya berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi melalui pengurangan biaya energi.



Atap rumah berbahan kaca. Sumber: <https://www.glazingvision.eu/> dan <https://www.building.co.uk/>

Pembuatan biogas dari sampah organik

Pembuatan biogas dari sampah organik adalah proses pengolahan limbah organik (seperti sisa makanan, kotoran hewan, limbah dapur, dan limbah pertanian) menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) melalui proses anaerobik (tanpa oksigen). Proses ini memanfaatkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik.



Biogas skala rumah tangga. Sumber: <https://ismoyoenny.blogspot.com/>

Bahan pembuatan Biogas.

- Sampah Organik dapat berupa
 - Kotoran ternak (sapi, kambing, ayam)
 - Sampah dapur (nasi basi, sayuran busuk)
 - Sampah pertanian (jerami, dedak)
- Air
- Bakteri anaerob

Peralatan yang diperlukan.

- Digester: Tangki tempat fermentasi sampah organik dan anaerob
- Pipa masuk: saluran yang digunakan untuk memasukkan kotoran ternak, sampah organik
- Pipa keluar: Saluran yang digunakan untuk mengeluarkan sisa sampah organik setelah proses fermentasi.
- Penampung Gas: Tempat penampungan gas biogas yang dihasilkan, biasanya berada di atas digester atau berupa tangki terpisah.
- Pipa Penyalur Gas: Selang atau pipa yang menyalurkan biogas dari gas holder ke tempat penggunaan (kompur, genset, dll.).
- Filter Gas (*opsional*)
- Untuk menyaring kandungan H_2S (hidrogen sulfida) agar gas tidak berbau dan aman digunakan.
- Katup dan Regulator Tekanan: Untuk mengatur tekanan dan aliran gas ke peralatan yang menggunakannya.



Barcode cara pembuatan
Biogas

Pembuatan lilin dari minyak jelantah

Minyak jelantah merupakan sisa minyak goreng yang telah digunakan berulang kali dan umumnya dibuang. Namun, minyak tersebut sebenarnya masih dapat dimanfaatkan untuk membuat produk yang ramah lingkungan, seperti lilin.



Lilin dari minyak jelantah. Sumber: <https://www.kompasiana.com>

Bahan-bahan pembuatan Lilin dari minyak jelantah

- Minyak jelantah (disaring agar bersih): 200–300 ml
- Lilin parafin (atau dari lilin bekas): \pm 100 gram. Alternatif: stearin (asam stearat) atau lilin lebah (beeswax)
- Sumbu lilin: Dapat dari benang katun atau sumbu bekas
- Pewarna (optional): *Crayon* atau pewarna makanan
- Pewangi (opsional): *Essential oil* atau aroma terapi
- Cetakan: Gelas kecil, kaleng bekas, cangkang telur
- Panci dan sendok untuk melelehkan

Langkah-langkah pembuatan:

- Saring minyak jelantah
- Gunakan kain saring, kertas kopi, atau tisu untuk menyaring sisa makanan, arang, dan kotoran dari minyak bekas
- Lelehkan Lilin (Parafin atau Stearin)
- Lelehkan lilin di atas panci double boiler (mangkuk di atas air panas) untuk mencegah terbakar
- Setelah cair, tambahkan minyak jelantah perlahan-lahan sambil diaduk. Rasio dapat 1:1 atau 2:1 (minyak : lilin)
- Tambahkan pewarna dan pewangi (*opsional*)
- Jika ingin warna, campurkan potongan crayon
- Untuk aroma, teteskan essential oil saat campuran mulai dingin tapi belum beku
- Pasang sumbu di cetakan
- Tempelkan sumbu di tengah dasar cetakan (dapat direkatkan dengan lilin cair)
- Pegang bagian atas sumbu dengan tusuk sate agar tetap tegak lurus
- Tuang campuran lilin
- Tuangkan lilin cair ke dalam cetakan perlahan-lahan
- Diamkan selama 2–4 jam hingga benar-benar mengeras
- Potong sumbu jika terlalu panjang
- Lilin siap digunakan

Minyak jelantah mengandung senyawa lemak berupa trigliserida, yang memiliki sifat mudah terbakar saat dipadukan dengan sumbu, mirip dengan lilin konvensional. Agar lilin dari minyak jelantah dapat mengeras pada suhu ruang dan tidak tetap cair seperti minyak murni, perlu ditambahkan bahan seperti parafin atau stearin. Penambahan stearin berfungsi untuk menaikkan titik leleh sekaligus meningkatkan kekerasan hasil lilin.

Manfaat dan keunggulan

- Membantu mengurangi limbah minyak goreng bekas yang dapat mencemari lingkungan jika dibuang sembarangan ke saluran air.
- Merupakan solusi yang ramah lingkungan sekaligus ekonomis.
- Berpotensi dikembangkan sebagai peluang usaha atau sarana edukasi tentang daur ulang.

Video pembuatan Lilin dari Jelantah dapat dilihat di <https://www.youtube.com/watch?v=V8NPeTPdngo> atau cek barcode



Sumber: Dokumen Nol Sampah



Barcode Video pembuatan
Lilin dari Jelantah

KEHATI-HATIAN DALAM ENERGI TERBARUKAN

Perilaku boros listrik

Perilaku boros listrik merupakan penggunaan listrik secara berlebihan karena tidak menyesuaikan kebutuhan dan penggunaannya tidak efisien.

Contoh perilaku boros listrik.

- Membuka kulkas terlalu lama
- Membiarkan pintu atau jendela terbuka jika AC menyala
- Membiarkan lampu atau peralatan listrik lainnya tetap menyala jika tidak diperlukan
- Membiarkan *charger* ponsel atau laptop tetap terhubung ke listrik setelah pengisian daya penuh
- Jarak kulkas dengan tembok kurang dari 15 cm

Dampak pemborosan listrik adalah:

- Biaya tagihan listrik banyak atau membengkak
- Boros sumber daya energi, terutama bahan bakar fosil

Melawan *vampire energy*

Vampire Energy merupakan energi yang terbuang sia-sia oleh perangkat elektronik maupun rumah tangga, namun kita tidak menggunakannya. Meski perangkat ini tidak digunakan, mereka masih mengkonsumsi daya dalam jumlah kecil, karena mereka masih terhubung dengan listrik. Contoh *vampire energy* yang terkadang masih kita lakukan dalam kegiatan sehari-hari:

- Tidak mencabut atau tidak mematikan saklar perangkat elektronik dan peralatan rumah tangga setelah digunakan
- Tidak mematikan lampu ketika tidak digunakan



*Barcode video Vampire
Energy*
Sumber: Dokumen Nol Sampah



ENERGY SWITCH MELAWAN VAMPIR ENERGI

Ternyata ada banyak sekali vampir energi di sekeliling kita. Vampir energi adalah alat-alat elektronik yang masih menghisap energi walau sudah dimatikan, atau *standby power*. Bukan hanya mengurangi usia peralatan elektronik, vampir energi juga membuat kita boros energi dan rugi biaya listrik.

KERUGIAN PER TAHUN AKIBAT VAMPIR ENERGI

Vampir energi bisa merugikan satu rumah hingga Rp 500.000 per tahun! Emisi karbon yang dihasilkan sekitar 330 kg CO₂, atau setara dengan jumlah karbon yang diserap 1 pohon selama 20 tahun.

BASMI VAMPIR ENERGI!

Vampir energi biasanya terlihat dari lampu kecil warna merah atau kuning yang tetap menyala walau alat sudah dimatikan. Basmi vampir energi dengan mencabut semua kabel alat elektronik dari stop kontak atau menggunakan powerstrip.



Sumber: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/ramaikan-sail-sabang-2017-kementerian-esdm-ajak-warga-hemat-energi>.

FALSE SOLUTION sampah atau solusi palsu sampah menjadi bahan baku energi

“False solution sampah” atau “Solusi palsu sampah” adalah solusi pengolahan sampah menjadi energi alternatif, yang sebenarnya tidak efektif bahkan berbahaya dan sering disamakan sebagai solusi yang baik untuk menyelesaikan masalah sampah. Aliansi Zero Waste Indonesia (AZWI) secara aktif menolak dan mengkampanyekan penolakan terhadap solusi-solusi palsu ini, terutama yang berkaitan dengan teknologi termal.

Pengolahan sampah secara termal adalah proses pengolahan sampah yang melibatkan pembakaran bahan yang mudah terbakar yang terkandung dalam sampah, baik dengan dan atau menghasilkan energi. Beberapa contoh pengolahan sampah termal adalah Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), Refuse Derived Fuel (RDF), Pirolisis dan Tungku Bakar. Pengolahan sampah termal ini sering dikaitkan dengan energi. Bahkan ada yang menyebut sebagai energi terbarukan. Dan apakah sampah termasuk energi terbarukan atau tidak, hingga kini masih jadi perdebatan.

Peraturan terkait pengolahan sampah secara termal salah satunya adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: P.70/Menlhk/ Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal. Dalam Pasal 3 disebutkan Pengolahan sampah secara termal hanya dapat dilakukan terhadap sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga yang tidak mengandung bahan berbahaya beracun (B3), kaca, plastik *Polyvinyl Chloride* / Polivinil Klorida (PVC), dan aluminium foil. Keempat

bahan ini tidak diperkenankan menjadi bahan baku dalam proses pengolahan sampah termal dikarenakan jika bahan tersebut dibakar berkemungkinan dapat menghasilkan **dioksin** dan **furan**.

Dioksin dan furan terbentuk selama proses pembakaran, terutama pada suhu tinggi, dan juga dapat dihasilkan selama proses industri tertentu. Pembakaran sampah, pembakaran bahan bakar fosil, dan proses industri seperti pembuatan pestisida dan pulp dan kertas adalah beberapa sumber utama. Pembakaran yang tidak sempurna, terutama pada limbah yang mengandung klorin, dapat menghasilkan dioksin dan furan.

Dioksin adalah salah satu polutan yang paling berbahaya dan termasuk senyawa kimia yang sangat beracun, karena dapat menyebabkan masalah kesehatan serius seperti gangguan hormon, kerusakan sistem imun, dan kanker.

Dioksin furan dapat menyebabkan gangguan sistem endokrin, yang dapat menyebabkan kelainan pada sistem reproduksi, pertumbuhan, dan metabolisme. Dioksin furan dapat menyebabkan gangguan pada pertumbuhan sel sperma pada pria, serta dapat menyebabkan masalah pada siklus menstruasi pada wanita.

Pembakaran sampah yang tidak mengikuti prosedur dapat secara signifikan menyumbang emisi gas rumah kaca. Pembakaran sampah, terutama yang dilakukan secara terbuka, melepaskan berbagai gas berbahaya ke atmosfer, termasuk gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Kedua gas ini berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim. Menurut data dari **United**

Nations Environment Programme (UNEP), sekitar 5% dari emisi global metana berasal dari pembakaran sampah terbuka. Studi yang dilakukan oleh **Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA)** menunjukkan bahwa pembakaran sampah menghasilkan lebih banyak CO₂ per ton sampah dibandingkan metode pembuangan lainnya seperti pembedakan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) atau daur ulang. Pembakaran sampah juga mengurangi potensi penyerapan karbon yang dapat dilakukan oleh tanah melalui kompos atau daur ulang organik.

Pembakaran sampah adalah suatu pemborosan sumber daya yang signifikan. Material yang seharusnya layak digunakan kembali, didaur ulang atau diolah menjadi kompos hilang begitu saja ketika dibakar. Ini terutama berlaku untuk sampah organik, plastik, kertas, dan logam. Padahal, dengan sistem pengelolaan sampah yang tepat, material-material tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk memproduksi barang-barang baru, yang pada gilirannya dapat mengurangi kebutuhan akan bahan baku baru, mengurangi eksploitasi sumber daya alam dan energi.

Pengolahan sampah termal membutuhkan investasi dan biaya operasional yang besar. Di beberapa tempat dalam praktiknya, karena pengelolaan sampah termal membutuhkan biaya operasional yang besar maka seringkali pelaksanaannya tidak sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Akibat pelaksanaan yang tidak sesuai prosedur maka seringkali memberi dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Pembangkit listrik tenaga sampah atau PLTSa

PLTSa adalah fasilitas yang mengubah sampah menjadi energi listrik, pada umumnya dilakukan dengan metode membakar sampah. Pembakaran sampah menghasilkan panas yang dimanfaatkan untuk menghasilkan uap, yang berguna untuk memutar turbin dan kemudian menghasilkan listrik.

PLTSa tidak sepenuhnya merupakan solusi yang baik bagi pengelolaan sampah, lebih tepatnya dianggap merupakan teknologi yang gagal. Di Indonesia sendiri ada 12 PLTSa yang telah dibangun, namun hanya 2 yaitu PLTSa Benowo di Surabaya dan PLTSa Putri Cempo Surakarta yang beroperasi. Hal ini menunjukkan adanya masalah dalam implementasi dan keberlanjutan PLTSa di Indonesia.

PLTSa Benowo Surabaya mengolah sampah 1.000 ton per hari. Sedangkan PLTSa Putri Cempo Surakarta diperkirakan mengolah sampah 500 ton per hari. Selain itu juga ada PLTSa Merah Putih di TPA Bantar Gebang Bekasi yang kapasitas pengolahannya 100-150 ton per hari. Biaya investasi dan operasional PLTSa besar. PLTSa Benowo membutuhkan investasi 54,2 juta dolar Amerika Serikat (USD) atau sekitar Rp. 704,4 miliar. Biaya investasi PLTSa Putri Cempo Surakarta mencapai Rp. 3000 miliar dan akan menghasilkan listrik 8 Mega Watt. Biaya operasional proses di PLTSa Benowo Surabaya Rp. 500.000 per ton. Berarti PLTSa Benowo membutuhkan Rp. 500 juta per hari. Biaya tersebut belum termasuk biaya pengumpulan dan pengangkutan sampah ke lokasi PLTSa.

Berdasarkan temuan di lapangan, diketahui tidak ada pemilahan sampah secara khusus untuk pengolahan termal (pembakaran) di PLTSa. Plastik PVC, bahan mengandung foil, kaca dan ada kemungkinan bahkan bahan yang mengandung

B3 juga terbawa dalam proses pembakaran. Ini artinya prosedur pembakaran tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Selain alasan ketiadaan pemilahan sampah, dampak pembakaran sampah atau limbah berbahaya, modal atau biaya tinggi, alasan utama mengapa PLTSa tidak dianggap sebagai energi baru terbarukan (EBT) yang ideal adalah karena PLTSa menghasilkan limbah padat berbahaya (*slag*).

Slag yang mengandung logam berat dan zat kimia berbahaya dapat mencemari tanah dan air tanah jika tidak dikelola dengan baik. Kontaminasi ini dapat membahayakan tanaman, hewan, dan manusia yang terpapar melalui rantai makanan.



Sumber: ListrikIndonesia.com



Sumber: <https://www.lcdri.com/news/resource-utilization-technology-of-municipal-solid-waste-incineration-slag/>

Sejarah perlawanan terhadap PLTSa

Pada tanggal 19 Juli 2016, permohonan *judicial review* terhadap Perpres No. 18/2016 tentang Percepatan Pembangunan PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) di 7 kota/provinsi diajukan oleh 15 individu dan 6 LSM ke Mahkamah Agung (MA) dan dikabulkan pada 2 November 2016.

Beberapa pihak, termasuk WALHI dan Aliansi Zero Waste Indonesia (AZWI), melakukan *judicial review* terhadap Perpres No. 18/2016 tentang Percepatan Pembangunan PLTSa di 7 kota/provinsi karena khawatir akan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Mereka berpendapat bahwa Perpres tersebut, terutama yang terkait dengan teknologi pembakaran (insinerasi), bertentangan dengan Undang-Undang Pengelolaan Sampah.

Hasil *judicial review*, MA membatalkan Perpres No. 18/2016 karena dianggap bertentangan dengan Undang-Undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Undang-Undang Kesehatan, dan Undang-Undang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan.

Poin-poin penting terkait *judicial review* Perpres PLTSa.

- Tujuan *judicial review*: Menguji apakah Perpres PLTSa sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang lebih tinggi.
- Dasar gugatan: Perpres PLTSa dianggap bertentangan dengan Undang-Undang Pengelolaan Sampah, Undang-Undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, serta Undang-Undang Kesehatan.
- Alasan gugatan: Kekhawatiran akan dampak negatif teknologi pembakaran (insinerasi) pada lingkungan dan kesehatan.
- Hasil *judicial review*: MA membatalkan Perpres No. 18/2016.
- Dampak pembatalan: Perpres yang mengatur percepatan pembangunan PLTSa di 7 kota dibatalkan, mendorong perlunya pendekatan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan dalam pengelolaan sampah.

Implikasi dari pembatalan Perpres:

Pemerintah perlu menyusun kembali kebijakan pengelolaan sampah dan pembangkit listrik tenaga sampah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Perlu ada kajian mendalam terkait teknologi PLTSa, termasuk dampak lingkungan dan kesehatan. Sekitar 25% dari hasil pembakaran akan berupa abu, abu terbang dan

kerak yang bersifat toksik sehingga harus diolah secara khusus karena termasuk kelompok limbah B3. Sebelum PLTSa diterapkan, membutuhkan kajian dan pertimbangan matang serta mendalam yang menyeluruh. Biaya investasi dan operasional yang tinggi serta dampak terhadap kesehatan dan lingkungan menjadi isu penting yang harus diantisipasi dalam penerapan teknologi termal tersebut.

Pendirian PLTSa, perlu pendekatan pengelolaan sampah yang lebih holistik, termasuk pemilahan dan pengurangan sampah mulai dari sumber, pendaur ulangan, dan ekonomi sirkular, perlu diperkuat dan dipertimbangkan.

Pihak yang menggugat yang tergabung dalam “Aksi Tolak Bakar” seperti WALHI, PPLH, Gita Pertiwi, ICEL, Bali Fokus/ Nexus 3 dan pihak lain yang peduli terhadap lingkungan.

Refuse derived fuel (RDF)



Sumber: <https://napiergrass.in/>

Refuse Derived Fuel (RDF) adalah proses pengolahan sampah anorganik menjadi bentuk yang lebih kecil sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau sumber energi alternatif untuk berbagai industri. Sampah sebagai bahan baku RDF didapatkan dari berbagai sumber, seperti sampah rumah tangga, sampah industri dan sampah di area komersil.

RDF dianggap membantu mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA. Meski dianggap dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, ada beberapa kekurangan yang dimiliki RDF yang perlu dipertimbangkan.

- Teknologi yang rumit dan mahal
RDF dinilai cukup rumit dan mahal karena memerlukan teknologi mesin untuk melakukan pemisahan, pengeringan, pencacahan, dan pengemasan. Pengolahan awal tersebut dapat memakan biaya yang mahal dan memerlukan investasi tinggi dalam peralatan dan infrastruktur. Besarnya energi yang diperlukan dalam RDF tidak mendukung upaya efisiensi energi.
- Kontaminasi Racun
Bahan bakar RDF dapat saja mengandung zat pencemar yang jika dibakar menjadi sumber polusi. Hal itu dapat menjadi racun karena mengandung kontaminan seperti bahan berbahaya atau material yang sulit terurai sepenuhnya, yang dapat menimbulkan masalah lingkungan jika tidak diolah dengan benar. Juga memiliki potensi pelepasan senyawa karsinogen dioksin dan furan di udara karena aktivitas pembakaran RDF.
- Meskipun lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil, pembakaran RDF masih dapat menghasilkan emisi polutan udara, meskipun dalam jumlah yang lebih rendah. Abu pembakarannya menjadi partikel-partikel

kecil atau mikroplastik. Zat yang terkandung dalam mikroplastik dapat berdampak negatif pada kesehatan dan lingkungan.

- Pembakaran sampahnya pun tetap menghasilkan emisi karbon.



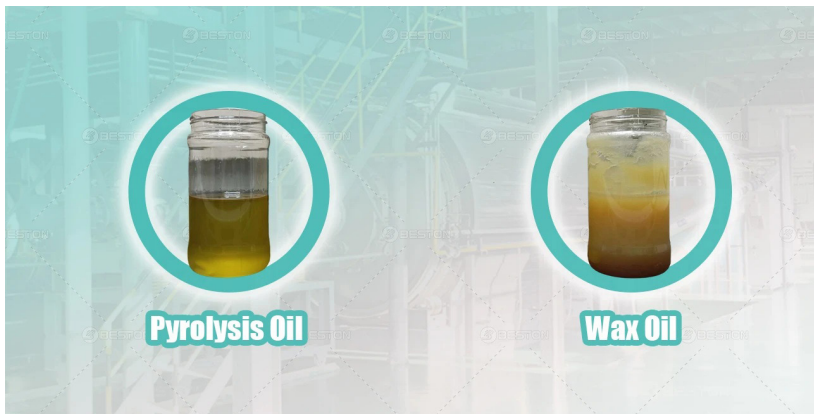
Sumber: Tempo

Dari beberapa pemantauan yang dilakukan Komunitas Nol Sampah Surabaya di beberapa lokasi pengolahan RDF, seperti di Gempol Pasuruan, Sidoarjo, Gresik, Bangkalan, Lombok, Bali, Banyumas Jawa Tengah, Cilacap Jawa Tengah, dan Serang Banten tidak ada pemilahan sampah. Artinya sampah yang mengandung plastik PVC, foil, kaca dan B3 juga ikut tercampur dalam RDF tersebut.

Dari hasil pemeriksaan di laboratorium Institute Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya, diketahui RDF tersebut mengandung Chlor. Sehingga memberikan fakta bahwa ada bahan-bahan yang tidak boleh diolah secara termal sesuai peraturan berlaku. Sehingga besar kemungkinan proses pembakaran RDF akan menghasilkan dioksin dan furan.

Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan bahan organik pada suhu tinggi dalam kondisi tanpa oksigen (atau dengan sedikit oksigen) untuk menguraikannya menjadi berbagai produk seperti gas, cairan (bio-oil) dan residu padat (biochar). Proses ini sering digunakan untuk mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar.



Sumber: <https://bestonmachinery.com/>

Beberapa kekurangan pirolisis dalam pengolahan sampah, khususnya plastik, meliputi biaya investasi awal yang tinggi, kebutuhan energi yang besar, potensi emisi gas berbahaya, dan tantangan dalam mengolah campuran plastik yang kompleks. Selain itu, proses pirolisis juga membutuhkan reaktor yang efisien dan belum tentu menghasilkan produk yang sepenuhnya murni dan siap pakai.

Dari pemantauan yang dilakukan Komunitas Nol Sampah Surabaya di beberapa lokasi pengolahan pirolisis yang sudah beroperasi, seperti di Tempat Pengolahan Sampah berbasis 3R (TPS3R) Wlingi Blitar Jawa Timur, TPS3R Banyumas Jawa Tengah, Bank Sampah Banjarnegara Jawa

Tengah benar adanya sudah ada proses pemilahan, namun pada residunya masih ditemukan foil. Artinya sampah yang mengandung plastik foil masih terbawa dalam proses pembakaran atau pemanasan.

Dari hasil pemeriksaan di laboratorium ITS Surabaya, diketahui sampel Pirolisis mengandung Chlor. Merupakan fakta bahwa bahan-bahan yang tidak boleh diolah secara termal sesuai peraturan. Sehingga besar kemungkinan proses pembakaran Pirolisis akan menghasilkan dioksin dan furan.





Sumber: Dokumen Nol Sampah

Incinerator mini vs tungku bakar

Incinerator (insenerator) adalah alat pembakar limbah, baik limbah padat maupun lainnya, dengan menggunakan teknologi pembakaran pada suhu tinggi, sesuai baku mutu suhu yang diperbolehkan atau ditetapkan. Alat ini cocok digunakan di area terbatas, seperti rumah tangga, kantor, atau industri kecil, karena desainnya yang ringkas dan mudah dipindahkan.

Tungku bakar adalah sebuah alat atau instalasi yang dirancang untuk melakukan pembakaran dan menghasilkan panas. Tungku bakar dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari memasak makanan sehari-hari hingga proses industri berskala besar seperti peleburan logam atau pengolahan material.

Perbedaan antara insenerator dan tungku bakar terletak pada fungsinya. Insenerator adalah jenis tungku yang dirancang khusus untuk membakar limbah, khususnya limbah padat pada suhu tinggi yang telah ditentukan, dengan tujuan mengurangi volume sampah dan potensi bahayanya. Tungku bakar adalah alat pembakaran yang lebih umum yang dapat digunakan untuk keperluan domestik atau industri, termasuk pemanasan, peleburan, atau bahkan pembakaran limbah, tetapi tidak selalu dirancang khusus untuk limbah.

Dari beberapa pemantauan yang dilakukan Komunitas Nol Sampah Surabaya di beberapa lokasi insenerator mini seperti, Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Bangkalan, beberapa TPS3R di Sidoarjo, TPS3R di Banyumas, TPS3R di Gresik, TPA di Kota Batu dan beberapa TPS3R di Kota Batu tidak ada pemilahan sampah. Artinya sampah

yang mengandung plastik PVC, foil, kaca dan B3 juga ikut tercampur dan terbawa dalam proses pembakaran.

Perlu diingat bahwa membakar plastik, terutama di tungku terbuka atau tanpa teknologi yang tepat, dapat menghasilkan gas beracun seperti dioksin, furan, dan gas berbahaya lainnya yang berdampak buruk pada kesehatan manusia dan lingkungan.

Di kabupaten Sidoarjo, praktik penggunaan sampah plastik sebagai bahan bakar pada tungku kerap terjadi, salah satunya pada sentra industri tahu. Tungku bakar berbahan bakar plastik masih digunakan pada industri untuk memproses dan membuat makanan tahu, meski sudah ada larangan dari pemerintah, namun praktiknya masih dilakukan. Plastik yang dipakai sebagai bahan bakar didominasi dengan sampah plastik *sachet* dan plastik *scrap*, digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap guna memasak kedelai menjadi tahu. Dampak dari proses produksi tersebut maka tahu yang diproduksi kemungkinan besar terkontaminasi serpihan plastik kecil atau mikroplastik.

Dalam artikel ilmiah berjudul "Identifikasi Mikroplastik pada Tahu di Sentra Industri Tahu Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo" yang dilakukan oleh Yuhana, disebutkan bahwa mikroplastik yang teridentifikasi pada tahu di daerah tersebut terdiri dari jenis fiber, filamen, dan fragmen. Penelitian ini menyoroti kontaminasi mikroplastik pada produk makanan dan dampaknya terhadap kesehatan serta lingkungan.

Selama ini tungku pembakar diyakini sebagai energi alternatif dalam mengurangi volume sampah plastik, tanpa mempertimbangkan dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan. Pada dasarnya tungku bakar tidak dapat diakui sebagai energi baru dan terbarukan.







Sumber: Dokumen Nol Sampah

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti. Biomassa, Sumber Energi Terbarukan <https://kumparan.com/astuti-1723104066626326940/biomassa-sumber-energi-terbarukan-23NnhXvF9bP/full/gallery/1> . Diakses 9 Maret 2025.
- Atap Rumah Kaca. <https://www.glazingvision.eu/the-glass-house-sliding-roof-for-an-open-kitchen/> dan <https://www.building.co.uk/cpd/cpd-29-2015-specifying-glass-roofs-and-skylights/5078716.article>. Diakses 25 Juni 2025.
- Bahaya Membakar Sampah. <https://rsu.jembranakab.go.id/berita/read/36/stop-membakar-sampah-sembarangan-ini-bahayanya-bagi-tubuh.html>. Diakses 26 Juni 2025.
- Bali Black Out, Kementerian ESDM Ingatkan Kemandirian Energi https://www.liputan6.com/bisnis/read/6014509/listrik-di-jawa-aman-saat-bali-black-out-ternyata-ini-rahasiannya?utm_source=chatgpt.com&page=3/ Diakses 5 Agustus 2025.
- Cara membuat mikrohidro listrik gratis tenaga air <https://www.youtube.com/watch?v=uSAvH10Tlvw>. Diakses 18 Maret 2025.
- Definisi Pirolisis. <https://pgnIng.co.id/berita/wawasan/apa-itu-pirolisis/>. Diakses 26 Juni 2025.
- Fujiyama. Pengertian, Jenis, Manfaat, Dan Contoh Energi Terbarukan. <https://surabaya.telkomuniversity.ac.id/renewable-energy-pengertian-jenis-manfaat-dan-contoh-energi-terbarukan/>. Diakses 9 Maret 2025.

- Gambar Vampire Energi. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/ramaikan-sail-sabang-2017-kementerian-esdm-ajak-warga-hemat-energi>. Diakses 29 April 2025.
- Handoko, A. 2016. Perencanaan Sistem Drainase Jalan. Pedoman Konstruksi dan Bangunan. pp. 1–99.
- Hariyani, C.Y., Suyasa, O., Widnyai, P., Trisnawati. 2015. Panduan Ibu Langkah Awal Keluarga Peduli Lingkungan. PPLH Bali, GEF, SGP- The GEF Small Grants Programme, UNDP, Denpasar Clean & Green. Denpasar.
- Jeki, M. Mengenal Istilah Hemat Energi dan Contoh Perilakunya. <https://www.rri.co.id/lain-lain/539606/mengenal-istilah-hemat-energi-dan-contoh-perilakunya>. Diakses 23 Mei 2024.
- Kebijakan Energi Terbarukan dan Kedudukan Energi Terbarukan di Indonesia Saat Ini. <https://renewableenergy.id/kebijakan-energi-terbarukan/>. Diakses 21 Juni 2025.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pertumbuhan-permintaan-tenaga-listrik-71-per-tahun>. Diakses tanggal 20 Juni 2025.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. http://perpustakaan.menlhk.go.id/pustaka/home/index.php?page=detail_news&newsid=588. Diakses 2 Juni 2025.
- Kesehatan Masyarakat Terancam, Indonesia Belum Siap Bangun PLTSa Karena Regulasi Longgar. <https://www.nexus3foundation.org/kesehatan-masyarakat-terancam-indonesia-belum-siap-bangun-pltsa-karena-regulasi-longgar/>. Diakses 26 Juni 2025.

Konvensi Internasional Energi Terbarukan. <https://www.cop28.com/en/global-renewables-and-energy-efficiency-pledge>. Diakses 2 Agustus 2025.

Mahkamah Agung Batalkan Peraturan Presiden No. 18/2016 tentang Percepatan Pembangunan PLTSa di 7 kota. <https://www.walhi.or.id/mahkamah-agung-batalkan-peraturan-presiden-no-182016-percepatan-pembangunan-pltsa-7-kota>. Diakses 21 Juni 2025.

Mengenal Sistem RDF Pada Pengelolaan Sampah Anorganik. <https://subscribe.tempo.co/sso/auth/initial?ref=https://www.tempo.co/ekonomi/mengenal-sistem-rdf-pada-pengelolaan-sampah-anorganik-beserta-kelebihan-dan-kekurangannya-819140>. Diakses 26 Juni 2025.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis IOT <https://blog.indobot.co.id/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-berbasis-iot/>. Diakses 25 Juni 2025.

Pengertian Biogas. <https://id.wikipedia.org/wiki/Biogas>.

Penggunaan Plastik Skrap Untuk Bahan Bakar Di Pabrik Tahu Tropodo. <https://aliansizerowaste.id/2023/05/08/penggunaan-plastik-skrap-untuk-bahan-bakar-di-pabrik-tahu-tropodo-masih-eksis-mengapa/>. Diakses 26 Juni 2025

Peraturan Pemerintah RI Nomor 79 Tahun 2024 Tentang Kebijakan Energi Nasional <https://jdih.esdm.go.id/common/dokumen-external/PP%20No.%2079%20Thn%202014.pdf>. Diakses 9 Maret 2025.

Peraturan Presiden tahun 2014. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/41553/perpres-no-62-tahun-2014>. Diakses 4 Agustus 2025.

Perpres No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional <https://jdih.esdm.go.id/dokumen/download?id=Perpres+No.+05+Thn+2006.pdf>. Diakses 20 Juni 2025.

PLTSa: Energi Listrik dari Sampah? Bagaimana Cara Kerjanya? <https://bincangenergi.id/pltsa-energi-listrik-dari-sampah-bagaimana-cara-kerjanya>. Diakses 26 Juni 2025.

Rangkuti, M. Apa Itu Listrik Tenaga Air? <https://fatek.umsu.ac.id/apa-itu-pembangkit-listrik-tenaga-air/>. Diakses 9 Maret 2025.

Reformasi Tata Kelolah Sampah. <https://aliansizerowaste.id/2025/03/21/banyumas-belum-jadi-kisah-sukses-azwi-desak-reformasi-tata-kelola-sumber-sampah/#:~:text=Tentang%20Aliansi%20Zero%20Waste%20Indonesia,sampah%20dan%20siklus%20hidup%20material>. Diakses 26 Juni 2025.

Reinhard Jordan Sianipar¹, Ralditiya Rifki Januar¹ (2024), Stevay David Christian Silalahi¹. Analisis Pemetaan Potensi dan Realisasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan Pemodelan Determinan Konsumsi dan Metode Grouping Analysis EBT di Indonesia. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*. Vol. 5, No. 2, 32.

Sekaa Guru Peduli Lingkungan. 2015. Modul Pendidikan Lingkungan Hidup Topik Sampah dan Lingkungan untuk Sekolah Dasar. Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup Bali. Denpasar.

Tira, H.S., 2014, Pemanfaatan limbah ternak sapi menjadi biogas berkualitas tinggi dalam menunjang ekonomi peternak sapi serta menuju NTB lumbung biogas digester, MP3EI Universitas Mataram, DIKTI.

Ubah Sampah Menjadi Biogas. <https://www.youtube.com/watch?v=xi53NKVhcck>. Diakses 5 Mei 2025.

Video pembuatan Lilin dari Jelantah. <https://www.youtube.com/watch?v=V8NPeTPdngo>. Diakses 21 Juni 2025.

Y. A. Padang dkk., 2020. Pemanfaatan Energi Alternatif dan Terbarukan.

Yuhana, Titan Memory. (2023). Identifikasi Mikroplastik pada Tahu di Sentra Industri Tahu Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Pollution Journal*, 3(3), 770–785. <https://ecotonjournal.id/index.php/epj/article/view/134>. Diakses 26 Juni 2025.



Matahari, angin, dan air adalah energi yang tak perlu dibeli. Membakar sampah untuk energi hanyalah solusi palsu, sedangkan energi terbarukan adalah jalan sejati untuk menjaga kehidupan dan masa depan generasi.

- Sekolah Ekologis

