



# Batu bara

**Batu bara** adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan yakni secara ringkas dalam 2 tahapan; tahapan diagenetik atau biokimia dan tahap malihan atau geokimia. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan nitrogen dan oksigen

Batu bara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk, bisa berbentuk kubus, balok, bulat, atau segitiga.

Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti  $C_{137}H_{97}O_9NS$  untuk bituminus dan  $C_{240}H_{90}O_4NS$  untuk antrasit.

## Umur

Pembentukan batu bara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu, adalah masa pembentukan batu bara yang paling produktif ketika hampir seluruh deposit batu bara yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk.

Pada Zaman Permian, kira-kira 270 juta tahun yang lalu, juga terbentuk endapan-endapan batu bara yang ekonomis di belahan Bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 jtl) di berbagai belahan bumi lain.

## Materi pembentuk

Hampir seluruh bahan pembentuk batu bara berasal dari tumbuhan. Jenis-jenis tumbuhan pembentuk batu bara dan umurnya menurut Diessel (1981) adalah sebagai berikut:

- Alga, dari Zaman Pre-kambrium hingga Ordovisium dan bersel tunggal. Sangat sedikit endapan batu bara dari periode ini.

### Batu bara



Batu bara antrasit

|                          |                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mineral utama:</b>    | <u>karbon</u>                                                           |
| <b>Mineral sekunder:</b> | <u>hidrogen</u><br><u>belerang</u><br><u>oksigen</u><br><u>nitrogen</u> |
| <b>Jenis batuan:</b>     | <u>Batuan sedimen</u>                                                   |



Contoh batu bara



- Silofita, dari Zaman Silur hingga Devon Tengah, merupakan turunan dari alga. Sedikit endapan batu bara dari periode ini.
- Pteridofita, umur Devon Atas hingga Karbon Atas. Materi utama pembentuk batu bara berumur Karbon di Eropa dan Amerika Utara. Tetumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.
- Gimnospermae, kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Tumbuhan heteroseksual, biji terbungkus dalam buah, semisal pinus, mengandung kadar getah (resin) tinggi. Jenis Pteridospermae seperti gangamopteris dan glossopteris adalah penyusun utama batu bara Permian seperti di Australia, India dan Afrika.
- Angiospermae, dari Zaman Kapur Atas hingga kini. Jenis tumbuhan modern, buah yang menutupi biji, jantan dan betina dalam satu bunga, kurang bergetah dibanding gimnospermae sehingga, secara umum, kurang dapat terawetkan.

## Pembentukan

---

Proses perubahan sisa-sisa tanaman menjadi gambut hingga batu bara disebut dengan istilah pembatubaraan (*coalification*). Secara ringkas ada 2 tahap proses yang terjadi, yakni:

- Tahap Diagenetik atau Biokimia, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi, dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.
- Tahap Malihan atau Geokimia, meliputi proses perubahan dari lignit menjadi bituminus dan akhirnya antrasit.

## Kelas dan jenis

---

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit, dan gambut.

- Antrasit adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Australia.
- Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- Lignit atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

## Penambangan

---

Penambangan batu bara adalah penambangan batu bara dari bumi. Batu bara digunakan sebagai bahan bakar. Batu bara juga dapat digunakan untuk membuat kokas untuk pembuatan baja.<sup>[1]</sup>

Tambang batu bara tertua terletak di Tower Colliery di Inggris.

# Batu bara di Indonesia

---

Di Indonesia, endapan batu bara yang bernilai ekonomis terdapat di cekungan Tersier, yang terletak di bagian barat Paparan Sunda (termasuk Pulau Sumatra dan Kalimantan), pada umumnya endapan batu bara ekonomis tersebut dapat dikelompokkan sebagai batu bara berumur Eosen atau sekitar Tersier Bawah, kira-kira 45 juta tahun yang lalu dan Miosen atau sekitar Tersier Atas, kira-kira 20 juta tahun yang lalu menurut Skala waktu geologi.



Tambang batu bara di Bihar, India.



Batu bara ini terbentuk dari endapan gambut pada iklim purba sekitar khatulistiwa yang mirip dengan kondisi kini. Beberapa di antaranya tergolong kubah gambut yang terbentuk di atas muka air tanah rata-rata pada iklim basah sepanjang tahun. Dengan kata lain, kubah gambut ini terbentuk pada kondisi di mana mineral-mineral anorganik yang terbawa air dapat masuk ke dalam sistem dan membentuk lapisan batu bara yang berkadar abu dan sulfur rendah dan menebal secara lokal. Hal ini sangat umum dijumpai pada batu bara Miosen. Sebaliknya, endapan batu bara Eosen umumnya lebih tipis, berkadar abu dan sulfur tinggi. Kedua umur endapan batu bara ini terbentuk pada lingkungan lakustrin, dataran pantai atau delta, mirip dengan daerah pembentukan gambut yang terjadi saat ini di daerah timur Sumatra dan sebagian besar Kalimantan.<sup>[2]</sup>

## Endapan batu bara Eosen

Endapan ini terbentuk pada tatanan tektonik ekstensional yang dimulai sekitar Tersier Bawah atau Paleogen pada cekungan-cekungan sedimen di Sumatra dan Kalimantan.

Ekstensi berumur Eosen ini terjadi sepanjang tepian Paparan Sunda, dari sebelah barat Sulawesi, Kalimantan bagian timur, Laut Jawa hingga Sumatra. Dari batuan sedimen yang pernah ditemukan dapat diketahui bahwa pengendapan berlangsung mulai terjadi pada Eosen Tengah. Pemekaran Tersier Bawah yang terjadi pada Paparan Sunda ini ditafsirkan berada pada tatanan busur dalam, yang disebabkan terutama oleh gerak penunjaman Lempeng Indo-Australia.<sup>[3]</sup> Lingkungan pengendapan mula-mula pada saat Paleogen itu non-marin, terutama fluviatil, kipas aluvial dan endapan danau yang dangkal.

Di Kalimantan bagian tenggara, pengendapan batu bara terjadi sekitar Eosen Tengah - Atas namun di Sumatra umurnya lebih muda, yakni Eosen Atas hingga Oligosen Bawah. Di Sumatra bagian tengah, endapan fluvial yang terjadi pada fase awal kemudian ditutupi oleh endapan danau (non-marin).<sup>[3]</sup> Berbeda dengan yang terjadi di Kalimantan bagian tenggara di mana endapan fluvial kemudian ditutupi oleh lapisan batu bara yang terjadi pada dataran pantai yang kemudian ditutupi di atasnya secara transgresif oleh sedimen marin berumur Eosen Atas.<sup>[4]</sup>

Endapan batu bara Eosen yang telah umum dikenal terjadi pada cekungan berikut: Pasir dan Asam-asam (Kalimantan Selatan dan Timur), Barito (Kalimantan Selatan), Kutai Atas (Kalimantan Tengah dan Timur), Melawi dan Ketungau (Kalimantan Barat), Tarakan (Kalimantan Timur), Ombilin (Sumatera Barat) dan Sumatra Tengah (Riau).

Dibawah ini adalah kualitas rata-rata dari beberapa endapan batu bara Eosen di Indonesia.

| Tambang    | Cekungan  | Perusahaan           | Kadar air total (%ar) | Kadar air inheren (%ad) | Kadar abu (%ad) | Zat terbang (%ad) | Belerang (%ad) | Nilai energi (kkal/kg) (ad) |
|------------|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Satui      | Asam-asam | PT Arutmin Indonesia | 10.00                 | 7.00                    | 8.00            | 41.50             | 0.80           | 6800                        |
| Senakin    | Pasir     | PT Arutmin Indonesia | 9.00                  | 4.00                    | 15.00           | 39.50             | 0.70           | 6400                        |
| Petangis   | Pasir     | PT BHP Kendilo Coal  | 11.00                 | 4.40                    | 12.00           | 40.50             | 0.80           | 6700                        |
| Ombilin    | Ombilin   | PT Bukit Asam        | 12.00                 | 6.50                    | <8.00           | 36.50             | 0.50 - 0.60    | 6900                        |
| Parambahan | Ombilin   | PT Allied Indo Coal  | 4.00                  | -                       | 10.00 (ar)      | 37.30 (ar)        | 0.50 (ar)      | 6900 (ar)                   |

(ar) - as received, (ad) - air dried, Sumber: Indonesian Coal Mining Association, 1998

## Endapan batu bara Miosen

Pada Miosen Awal, pemekaran regional Tersier Bawah - Tengah pada Paparan Sunda telah berakhir. Pada Kala Oligosen hingga Awal Miosen ini terjadi transgresi marin pada kawasan yang luas di mana terendapkan sedimen marin klastik yang tebal dan perselingan sekuen batugamping. Pengangkatan dan kompresi adalah ketampakan yang umum pada tektonik Neogen di Kalimantan maupun Sumatra. Endapan batu bara Miosen yang ekonomis terutama terdapat di Cekungan Kutai bagian bawah (Kalimantan Timur), Cekungan Barito (Kalimantan Selatan) dan Cekungan Sumatra bagian selatan. Batu bara Miosen juga secara ekonomis ditambang di Cekungan Bengkulu.

Batu bara ini umumnya terdeposisi pada lingkungan fluvial, delta dan dataran pantai yang mirip dengan daerah pembentukan gambut saat ini di Sumatra bagian timur. Ciri utama lainnya adalah kadar abu dan belerang yang rendah. Namun kebanyakan sumberdaya batu bara Miosen ini tergolong sub-bituminus atau lignit sehingga kurang ekonomis kecuali jika sangat tebal (PT Adaro) atau lokasi geografisnya menguntungkan. Namun batu bara Miosen di beberapa lokasi juga tergolong kelas yang tinggi seperti pada Cebakan Pinang dan Prima (PT KPC), endapan batu bara di sekitar hilir Sungai Mahakam, Kalimantan Timur dan beberapa lokasi di dekat Tanjungenim, Cekungan Sumatra bagian selatan.

Tabel di bawah ini menunjukkan kualitas rata-rata dari beberapa endapan batu bara Miosen di Indonesia.

| Tambang    | Cekungan               | Perusahaan           | Kadar air total (%ar) | Kadar air inheren (%ad) | Kadar abu (%ad) | Zat terbang (%ad) | Belerang (%ad) | Nilai energi (kkal/kg) (ad) |
|------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Prima      | Kutai                  | PT Kaltim Prima Coal | 9.00                  | -                       | 4.00            | 39.00             | 0.50           | 6800 (ar)                   |
| Pinang     | Kutai                  | PT Kaltim Prima Coal | 13.00                 | -                       | 7.00            | 37.50             | 0.40           | 6200 (ar)                   |
| Roto South | Pasir                  | PT Kideco Jaya Agung | 24.00                 | -                       | 3.00            | 40.00             | 0.20           | 5200 (ar)                   |
| Binungan   | Tarakan                | PT Berau Coal        | 18.00                 | 14.00                   | 4.20            | 40.10             | 0.50           | 6100 (ad)                   |
| Lati       | Tarakan                | PT Berau Coal        | 24.60                 | 16.00                   | 4.30            | 37.80             | 0.90           | 5800 (ad)                   |
| Air Laya   | Sumatra bagian selatan | PT Bukit Asam        | 24.00                 | -                       | 5.30            | 34.60             | 0.49           | 5300 (ad)                   |
| Paringin   | Barito                 | PT Adaro             | 24.00                 | 18.00                   | 4.00            | 40.00             | 0.10           | 5950 (ad)                   |

(ar) - as received, (ad) - air dried, Sumber: Indonesian Coal Mining Association, 1998

## Sumberdaya batu bara

Potensi sumberdaya batu bara di Indonesia sangat melimpah, terutama di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatra, sedangkan di daerah lainnya dapat dijumpai batu bara walaupun dalam jumlah kecil dan belum dapat ditentukan keekonomisannya, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, Papua, dan Sulawesi.

Badan Geologi Nasional memperkirakan Indonesia masih memiliki 160 miliar ton cadangan batu bara yang belum dieksplorasi. Cadangan tersebut sebagian besar berada di Kalimantan Timur dan Sumatera Selatan. Namun upaya eksplorasi batu bara kerap terkendala status lahan tambang. Daerah-daerah tempat cadangan batu bara sebagian besar berada di kawasan hutan konservasi.<sup>[5]</sup> Rata-rata produksi pertambangan batu bara di Indonesia mencapai 300 juta ton per tahun. Dari jumlah itu, sekitar 10 persen digunakan untuk kebutuhan energi dalam negeri, dan sebagian besar sisanya (90 persen lebih) diekspor ke luar.

Di Indonesia, batu bara merupakan bahan bakar utama selain solar (*diesel fuel*) yang telah umum digunakan pada banyak industri, dari segi ekonomis batu bara jauh lebih hemat dibandingkan solar, dengan perbandingan sebagai berikut: Solar Rp 0,74/kilokalori sedangkan batu bara hanya Rp 0,09/kilokalori, (berdasarkan harga solar industri Rp. 6.200/liter).



Pengisian batu bara ke dalam kapal tongkang. 



Proses pemuatan batubara menggunakan konveyor ke tongkang. 

Dari segi kuantitas batu bara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia. Jumlahnya sangat berlimpah, mencapai puluhan miliar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batu bara dan mengubahnya menjadi energis listrik melalui PLTU. Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi.

Batu bara sebaiknya tidak langsung dibakar, akan lebih bermakna dan efisien jika dikonversi menjadi migas sintetis, atau bahan petrokimia lain yang bernilai ekonomi tinggi. Dua cara yang dipertimbangkan dalam hal ini adalah likuifikasi (pencairan) dan gasifikasi (penyubliman) batu bara.

Membakar batu bara secara langsung telah dikembangkan teknologinya secara continue, yang bertujuan untuk mencapai efisiensi pembakaran yang maksimum, cara-cara pembakaran langsung seperti: *fixed grate*, *chain grate*, *fluidized bed*, *pulverized*, dan lain-lain, masing-masing mempunyai kelebihan dan kelemahannya.

## Gasifikasi batu bara

---

Coal gasification adalah sebuah proses untuk mengubah batu bara padat menjadi gas batu bara yang mudah terbakar (combustible gases), setelah proses pemurnian gas-gas ini karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen (H), metan (CH<sub>4</sub>), dan nitrogen (N<sub>2</sub>) – dapat digunakan sebagai bahan bakar. hanya menggunakan udara dan uap air sebagai reacting-gas kemudian menghasilkan water gas atau coal gas, gasifikasi secara nyata mempunyai tingkat emisi udara, kotoran padat dan limbah terendah.

Tetapi, batu bara bukanlah bahan bakar yang sempurna. Terikat di dalamnya adalah sulfur dan nitrogen, bila batu bara ini terbakar kotoran-kotoran ini akan dilepaskan ke udara, bila mengapung di udara zat kimia ini dapat bergabung dengan uap air (seperti contoh kabut) dan tetesan yang jatuh ke tanah seburuk bentuk asam sulfurik dan nitrit, disebut sebagai "hujan asam". Disini juga ada noda mineral kecil, termasuk kotoran yang umum tercampur dengan batu bara, partikel kecil ini tidak terbakar dan membuat debu yang tertinggal di coal combustor, beberapa partikel kecil ini juga tertangkap di putaran combustion gases bersama dengan uap air, dari asap yang keluar dari cerobong beberapa partikel kecil ini adalah sangat kecil setara dengan rambut manusia.

## Merusak kesehatan manusia

---

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar dapat menyebabkan masalah kesehatan dan kematian.<sup>[6]</sup>

Kabut asap London yang mematikan terutama disebabkan oleh penggunaan batubara yang sangat banyak. Batubara global diperkirakan menyebabkan 800.000 kematian prematur setiap tahun,<sup>[7]</sup> umumnya di India<sup>[8]</sup> dan Tiongkok.<sup>[9][10][11]</sup>

Menghirup debu batu bara menyebabkan pneumokoniosis pekerja batu bara yang dikenal dengan bahasa sehari-hari sebagai "paru-paru hitam", disebut demikian karena debu batu bara benar-benar mengubah paru-paru menjadi hitam dari warna merah jambu biasa.<sup>[12]</sup> Di Amerika Serikat saja, diperkirakan bahwa 1.500 mantan karyawan industri batubara meninggal setiap tahun akibat pengaruh menghirup debu tambang batubara.<sup>[13]</sup>

Sekitar 10% batu bara adalah abu:<sup>[14]</sup> abu batubara berbahaya dan beracun bagi manusia dan beberapa makhluk hidup lainnya.<sup>[15]</sup> Abu batubara mengandung unsur radioaktif uranium dan thorium. Abu batubara dan produk sampingan pembakaran padat lainnya disimpan secara lokal dan tersebar dengan berbagai cara yang membuat mereka yang tinggal di dekat pabrik batu bara terkena radiasi dan racun lingkungan.<sup>[16]</sup>

Sejumlah besar abu batubara dan limbah lainnya diproduksi setiap tahun. Penggunaan batubara menghasilkan ratusan juta ton abu dan produk limbah lainnya setiap tahun. Ini termasuk abu terbang, abu padat, dan desulfurisasi gas buang lumpur, yang mengandung merkuri, uranium, thorium, arsenik, dan logam berat lainnya, bersama dengan non-logam seperti selenium.<sup>[17]</sup>

Emisi cerobong asap batubara menyebabkan asma, stroke, berkurang kecerdasan, arteri tersumbat, serangan jantung, gagal jantung kongestif, aritmia, keracunan merkuri, oklusi arteri, dan kanker paru-paru.<sup>[18][19]</sup>

Biaya kesehatan tahunan di Eropa dari penggunaan batu bara untuk menghasilkan listrik diperkirakan mencapai € 43 miliar.<sup>[20]</sup>

Di Cina, peningkatan kualitas udara dan kesehatan manusia akan meningkat dengan kebijakan iklim yang lebih ketat, terutama karena energi negara itu sangat bergantung pada batubara. Dan akan ada manfaat ekonomi bersih.<sup>[21]</sup>

Sebuah studi tahun 2017 dalam *Jurnal Ekonomi* menemukan bahwa untuk Inggris selama periode 1851-1860, "peningkatan satu standar deviasi dalam penggunaan batubara meningkatkan angka kematian bayi sebesar 6-8% dan menjelaskan bahwa dampak penggunaan batubara pada industri sekitar sepertiga dari hukuman mati perkotaan yang dilaksanakan selama periode ini." <sup>[22]</sup>

## Bagaimana membuat batu bara bersih

---

Ada beberapa cara untuk membersihkan batu bara. Contoh sulfur, sulfur adalah zat kimia kekuningan yang ada sedikit di batu bara, pada beberapa batu bara yang ditemukan di Ohio, Pennsylvania, West Virginia dan eastern states lainnya, sulfur terdiri dari 3 sampai 10 % dari berat batu bara, beberapa batu bara yang ditemukan di Wyoming, Montana dan negara-negara bagian sebelah barat lainnya sulfur hanya sekitar 1/100ths (lebih kecil dari 1%) dari berat batu bara. Penting bahwa sebagian besar sulfur ini dibuang sebelum mencapai cerobong asap.

Satu cara untuk membersihkan batu bara adalah dengan cara mudah memecah batu bara ke bongkahan yang lebih kecil dan mencucinya. Beberapa sulfur yang ada sebagai bintik kecil di batu bara disebut sebagai "pyritic sulfur " karena ini dikombinasikan dengan besi menjadi bentuk iron pyrite, selain itu dikenal sebagai "fool's gold" dapat dipisahkan dari batu bara. Secara khusus pada proses satu kali, bongkahan batu bara dimasukkan ke dalam tangki besar yang terisi air, batu bara mengambang ke permukaan ketika kotoran sulfur tenggelam. Fasilitas pencucian ini dinamakan "coal preparation plants" yang membersihkan batu bara dari pengotor-pengotornya.

Tidak semua sulfur bisa dibersihkan dengan cara ini, bagaimanapun sulfur pada batu bara adalah secara kimia benar-benar terikat dengan molekul karbonnya, tipe sulfur ini disebut "organic sulfur," dan pencucian tak akan menghilangkannya. Beberapa proses telah dicoba untuk mencampur batu bara dengan bahan kimia yang

membebaskan sulfur pergi dari molekul batu bara, tetapi kebanyakan proses ini sudah terbukti terlalu mahal, ilmuwan masih bekerja untuk mengurangi biaya dari proses pencucian kimia ini.

Kebanyakan pembangkit tenaga listrik modern dan semua fasilitas yang dibangun setelah 1978 — telah diwajibkan untuk mempunyai alat khusus yang dipasang untuk membuang sulfur dari gas hasil pembakaran batu bara sebelum gas ini naik menuju cerobong asap. Alat ini sebenarnya adalah "flue gas desulfurization units," tetapi banyak orang menyebutnya "scrubbers" — karena mereka men-scrub (menggosok) sulfur keluar dari asap yang dikeluarkan oleh tungku pembakar batu bara.

## Mem buang NOx dari batu bara

Nitrogen secara umum adalah bagian yang besar daripada udara yang dihirup, pada kenyataannya 80% dari udara adalah nitrogen, secara normal atom-atom nitrogen mengambang terikat satu sama lainnya seperti pasangan kimia, tetapi ketika udara dipanaskan seperti pada nyala api boiler (3000 F=1648 C), atom nitrogen ini terpecah dan terikat dengan oksigen, bentuk ini sebagai nitrogen oksida atau kadang kala itu disebut sebagai NOx. NOx juga dapat dibentuk dari atom nitrogen yang terjebak di dalam batu bara.

Di udara, NOx adalah polutan yang dapat menyebabkan kabut coklat yang kabur yang kadang kala terlihat di seputar kota besar, juga sebagai polusi yang membentuk "acid rain" (hujan asam), dan dapat membantu terbentuknya sesuatu yang disebut "ground level ozone", tipe lain daripada polusi yang dapat membuat kotornya udara.

Salah satu cara terbaik untuk mengurangi NOx adalah menghindari dari bentukan asalnya, beberapa cara telah ditemukan untuk membakar batu bara di pemabakar di mana ada lebih banyak bahan bakar daripada udara di ruang pembakaran yang terpanas. Di bawah kondisi ini kebanyakan oksigen terkombinasikan dengan bahan bakar daripada dengan nitrogen. Campuran pembakaran kemudian dikirim ke ruang pembakaran yang kedua di mana terdapat proses yang mirip berulang-ulang sampai semua bahan bakar habis terbakar. Konsep ini disebut "staged combustion" karena batu bara dibakar secara bertahap. Kadang disebut juga sebagai "low-NOx burners" dan telah dikembangkan sehingga dapat mengurangi kandungan Nox yang terlepas di uadara lebih dari separuh. Ada juga teknologi baru yang bekerja seperti "scubbers" yang membersihkan NOX dari flue gases (asap) dari boiler batu bara. Beberapa dari alat ini menggunakan bahan kimia khusus yang disebut katalis yang mengurai bagian NOx menjadi gas yang tidak berpolusi, walaupun alat ini lebih mahal dari "low-NOx burners," tetapi dapat menekan lebih dari 90% polusi Nox.

## Cadangan batu bara dunia

---

Pada tahun 1996 diestimasikan terdapat sekitar satu exagram ( $1 \times 10^{15}$  kg atau 1 triliun ton) total batu bara yang dapat ditambang menggunakan teknologi tambang saat ini, diperkirakan setengahnya merupakan batu bara keras. Nilai energi dari semua batu bara dunia adalah 290 zettajoules.<sup>[23]</sup> Dengan konsumsi global saat ini adalah 15 terawatt,<sup>[24]</sup> terdapat cukup batu bara untuk menyediakan energi bagi seluruh dunia untuk 600 tahun.

British Petroleum, pada Laporan Tahunan 2006, memperkirakan pada akhir 2005, terdapat 909.064 juta ton cadangan batu bara dunia yang terbukti ( $9,236 \times 10^{14}$  kg), atau cukup untuk 155 tahun (cadangan ke rasio produksi). Angka ini hanya cadangan yang diklasifikasikan terbukti, program bor eksplorasi oleh perusahaan tambang, terutama sekali daerah yang di bawah eksplorasi, terus memberikan cadangan baru.

Departemen Energi Amerika Serikat memperkirakan cadangan batu bara di Amerika Serikat sekitar 1.081.279 juta ton ( $9,81 \times 10^{14}$  kg), yang setara dengan 4.786 BBOE (billion barrels of oil equivalent).<sup>[25]</sup>



Daerah batu bara di Amerika Serikat



**Cadangan batu bara dunia pada akhir 2005 (dalam juta ton)**<sup>[26][27][28][29]</sup>

| <b>Negara</b>                                                                                                  | <b>Bituminus<br/>(termasuk<br/>antrasit)</b> | <b>Sub-bituminus</b> | <b>Lignit</b> | <b>TOTAL</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|---------------|--------------|
|  <u>Amerika Serikat</u>       | 115.891                                      | 101.021              | 33.082        | 249.994      |
|  <u>Rusia</u>                 | 49.088                                       | 97.472               | 10.450        | 157.010      |
|  <u>Tiongkok</u>              | 62.200                                       | 33.700               | 18.600        | 114.500      |
|  <u>India</u>                 | 82.396                                       |                      | 2.000         | 84.396       |
|  <u>Australia</u>             | 42.550                                       | 1.840                | 37.700        | 82.090       |
|  <u>Jerman</u>                | 23.000                                       |                      | 43.000        | 66.000       |
|  <u>Afrika Selatan</u>        | 49.520                                       |                      |               | 49.520       |
|  <u>Ukraina</u>               | 16.274                                       | 15.946               | 1.933         | 34.153       |
|  <u>Kazakhstan</u>            | 31.000                                       |                      | 3.000         | 34.000       |
|  <u>Polandia</u>              | 20.300                                       |                      | 1.860         | 22.160       |
|  <u>Serbia dan Montenegro</u> | 64                                           | 1.460                | 14.732        | 16.256       |
|  <u>Brasil</u>                |                                              | 11.929               |               | 11.929       |
|  <u>Kolombia</u>              | 6.267                                        | 381                  |               | 6.648        |
|  <u>Kanada</u>                | 3.471                                        | 871                  | 2.236         | 6.578        |
|  <u>Ceko</u>                | 2.114                                        | 3.414                | 150           | 5.678        |
|  <u>Indonesia</u>           | 790                                          | 1.430                | 3.150         | 5.370        |
|  <u>Botswana</u>            | 4.300                                        |                      |               | 4.300        |
|  <u>Uzbekistan</u>          | 1.000                                        |                      | 3.000         | 4.000        |
|  <u>Turki</u>               | 278                                          | 761                  | 2.650         | 3.689        |
|  <u>Yunani</u>              |                                              |                      | 2.874         | 2.874        |
|  <u>Bulgaria</u>            | 13                                           | 233                  | 2.465         | 2.711        |
|  <u>Pakistan</u>            |                                              | 2.265                |               | 2.265        |
|  <u>Iran</u>                | 1.710                                        |                      |               | 1.710        |
|  <u>Britania Raya</u>       | 1.000                                        |                      | 500           | 1.500        |
|  <u>Rumania</u>             | 1                                            | 35                   | 1.421         | 1.457        |
|  <u>Thailand</u>            |                                              |                      | 1.268         | 1.268        |
|  <u>Meksiko</u>             | 860                                          | 300                  | 51            | 1.211        |
|  <u>Chili</u>               | 31                                           | 1.150                |               | 1.181        |
|  <u>Hungaria</u>            |                                              | 80                   | 1.017         | 1.097        |
|  <u>Peru</u>                | 960                                          |                      | 100           | 1060         |
|  <u>Kirgizstan</u>          |                                              |                      | 812           | 812          |
|  <u>Jepang</u>              | 773                                          |                      |               | 773          |

|                                                                                                           |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  <u>Spanyol</u>           | 200 | 400 | 60  | 660 |
|  <u>Korea Utara</u>      | 300 | 300 |     | 600 |
|  <u>Selandia Baru</u>    | 33  | 206 | 333 | 572 |
|  <u>Zimbabwe</u>         | 502 |     |     | 502 |
|  <u>Belanda</u>          | 497 |     |     | 497 |
|  <u>Venezuela</u>        | 479 |     |     | 479 |
|  <u>Argentina</u>        |     | 430 |     | 430 |
|  <u>Filipina</u>         |     | 232 | 100 | 332 |
|  <u>Slovenia</u>         |     | 40  | 235 | 275 |
|  <u>Mozambik</u>         | 212 |     |     | 212 |
|  <u>Eswatini</u>         | 208 |     |     | 208 |
|  <u>Tanzania</u>         | 200 |     |     | 200 |
|  <u>Nigeria</u>          | 21  | 169 |     | 190 |
|  <u>Greenland</u>        |     | 183 |     | 183 |
|  <u>Slowakia</u>         |     |     | 172 | 172 |
|  <u>Vietnam</u>          | 150 |     |     | 150 |
|  <u>Republik Kongo</u>   | 88  |     |     | 88  |
|  <u>Korea Selatan</u>   | 78  |     |     | 78  |
|  <u>Niger</u>          | 70  |     |     | 70  |
|  <u>Afganistan</u>     | 66  |     |     | 66  |
|  <u>Aljazair</u>       | 40  |     |     | 40  |
|  <u>Kroasia</u>        | 6   |     | 33  | 39  |
|  <u>Portugal</u>       | 3   |     | 33  | 36  |
|  <u>Prancis</u>        | 22  |     | 14  | 36  |
|  <u>Italia</u>         |     | 27  | 7   | 34  |
|  <u>Austria</u>        |     |     | 25  | 25  |
|  <u>Ekuador</u>        |     |     | 24  | 24  |
|  <u>Mesir</u>          |     | 22  |     | 22  |
|  <u>Irlandia</u>       | 14  |     |     | 14  |
|  <u>Zambia</u>         | 10  |     |     | 10  |
|  <u>Malaysia</u>       | 4   |     |     | 4   |
|  <u>Afrika Tengah</u>  |     |     | 3   | 3   |
|  <u>Myanmar</u>        | 2   |     |     | 2   |
|  <u>Malawi</u>         |     | 2   |     | 2   |
|  <u>Kaledonia Baru</u> | 2   |     |     | 2   |

|                                                                                                            |   |   |  |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|---|
|  <a href="#">Nepal</a>     | 2 |   |  | 2 |
|  <a href="#">Bolivia</a>  | 1 |   |  | 1 |
|  <a href="#">Norwegia</a> |   | 1 |  | 1 |
|  <a href="#">Taiwan</a>   | 1 |   |  | 1 |
|  <a href="#">Swedia</a>   |   | 1 |  | 1 |

## Negara pengekspor batu bara utama

---

Pengekspor batu bara berdasarkan negara dan tahun  
(dalam juta ton)<sup>[30]</sup>

| Negara                                                                                                            | 2003         | 2004         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
|  <a href="#">Australia</a>       | 238,1        | 247,6        |
|  <a href="#">Indonesia</a>       | 200,8        | 131,4        |
|  <a href="#">Tiongkok</a>        | 103,4        | 95,5         |
|  <a href="#">Amerika Serikat</a> | 43,0         | 48,0         |
|  <a href="#">Afrika Selatan</a>  | 78,7         | 74,9         |
|  <a href="#">Uni Soviet</a>      | 41,0         | 55,7         |
|  <a href="#">Polandia</a>       | 16,4         | 16,3         |
|  <a href="#">Kanada</a>        | 27,7         | 28,8         |
| <a href="#">Amerika Selatan</a>                                                                                   | 57,8         | 65,9         |
| <b>Total</b>                                                                                                      | <b>713,9</b> | <b>764,0</b> |

## Lihat pula

---

- [Daftar perusahaan batu bara Indonesia](#)
- [Skala waktu geologi](#)
- [Yayasan Batu Bara Dunia](#)

## Referensi

---

1. "BHP Billiton Mitsubishi Alliance - Glossary". Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 2008-06-19. Diakses tanggal 2010-07-12.
2. Frederich, Langford and Moore, [1999](#)
3. Cole and Crittenden, [1997](#)
4. Frederich et al, [1995](#)
5. Indonesia Miliki Cadangan Batubara 160 Miliar Ton - PortalkBR.com ([http://www.portalkbr.com/berita/nasional/2687839\\_4202.html](http://www.portalkbr.com/berita/nasional/2687839_4202.html))

6. Toxic Air: The Case for Cleaning Up Coal-fired Power Plants (<http://www.lungusa.org/assets/documents/healthy-air/toxic-air-report.pdf>). American Lung Association (Maret 2011) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20120126123239/http://www.lungusa.org/assets/documents/healthy-air/toxic-air-report.pdf>) 26 Januari 2012 di Wayback Machine.
7. "Health". Endcoal. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 2017-12-22. Diakses tanggal 3 Desember 2018.
8. "India shows how hard it is to move beyond fossil fuels". *The Economist*. 2 Agustus 2018.
9. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks ([http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/)) Diarsipkan ([https://web.archive.org/web/20160730124831/http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/](https://web.archive.org/web/20160730124831/http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/)) 30 Juli 2016 di Wayback Machine.. World Health Organization (2006)
10. *Global health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks* (PDF). World Health Organization. 2009. ISBN 978-92-4-156387-1. Diarsipkan dari [asli](#) (PDF) tanggal 14 Februari 2012.
11. "WHO – Ambient (outdoor) air quality and health". *who.int*. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 4 Januari 2016. Diakses tanggal 7 Januari 2016.
12. "Black Lung Disease-Topic Overview". *WebMD*. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 10 Juli 2015.
13. "Black Lung". *umwa.org*. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 3 Februari 2016. Diakses tanggal 7 Januari 2016.
14. "Coal". *epa.gov*. 2014-02-05. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 20 Juli 2015.
15. "Coal Ash: Toxic – and Leaking". *psr.org*. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 15 Juli 2015.
16. Hvistendahl, Mara (13 Desember 2007). "Coal Ash Is More Radioactive than Nuclear Waste". *Scientific American*. Diarsipkan dari [asli](#) tanggal 10 Juli 2015.
17. World Coal Association "Environmental impact of Coal Use" (<http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=127>) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20090223203113/http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=127>) 23 Februari 2009 di Wayback Machine.
18. Coal Pollution Damages Human Health at Every Stage of Coal Life Cycle, Reports Physicians for Social Responsibility (<http://www.psr.org/news-events/press-releases/coal-pollution-damages-human-health.html>) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20150731182839/http://www.psr.org/news-events/press-releases/coal-pollution-damages-human-health.html>) 31 Juli 2015 di Wayback Machine.. *Physicians for Social Responsibility*. psr.org (18 November 2009)
19. Burt, Erica; Orris, Peter and Buchanan, Susan (April 2013) Scientific Evidence of Health Effects from Coal Use in Energy Generation ([http://noharm.org/lib/downloads/climate/Coal\\_Literature\\_Review\\_2.pdf](http://noharm.org/lib/downloads/climate/Coal_Literature_Review_2.pdf)) Diarsipkan ([https://web.archive.org/web/20150714193454/http://noharm.org/lib/downloads/climate/Coal\\_Literature\\_Review\\_2.pdf](https://web.archive.org/web/20150714193454/http://noharm.org/lib/downloads/climate/Coal_Literature_Review_2.pdf)) 14 Juli 2015 di Wayback Machine.. University of Illinois at Chicago School of Public Health, Chicago, Illinois, US
20. "The Unpaid Health Bill – How coal power plants make us sick". Health and Environment Alliance. 2013-03-07. Diakses tanggal 15 December 2018.
21. "Health benefits will offset cost of China's climate policy". *MIT*. Diakses tanggal 15 Desember 2018.
22. Beach, Brian; Hanlon, W. Walker (2018). "Coal Smoke and Mortality in an Early Industrial Economy". *The Economic Journal* (dalam bahasa Inggris). **128** (615): 2652–2675. doi:10.1111/econj.12522. ISSN 1468-0297.
23. Sustainable Energy" 2005 page 303 The MIT Press by Jefferson W. Tester et al. ISBN 0-262-20153-4
24. BP2006 energy report, and US EIA 2006 overview
25. **(Inggris)** "International Energy Annual 2003: Reserves". Badan Informasi Energi AS. ;
26. **(Inggris)** "Reserves-Coal page 1" (PDF). Dewan Energi Dunia. Diarsipkan dari [asli](#) (PDF) tanggal 2012-07-22. Diakses tanggal 2008-10-01. ; ;

27. **(Inggris)** "Resources-bituminous" (PDF). Dewan Energi Dunia. ;
28. **(Inggris)** "Resources-sub-bitum" (PDF). Dewan Energi Dunia. ;
29. **(Inggris)** "Resources-lignite" (PDF). Dewan Energi Dunia. ;
30. [http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/supplement/pdf/suptab\\_114.pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/supplement/pdf/suptab_114.pdf)

## Pranala luar

---

- **(Inggris)** World Coal Institute (<http://www.worldcoal.org>)
- **(Indonesia)** Yayasan Batu Bara Dunia (<http://www.worldcoal.org/indonesian.asp>) Diarsipkan (<http://web.archive.org/web/20070518065749/http://www.worldcoal.org/indonesian.asp>) 2007-05-18 di Wayback Machine.
- **(Inggris)** Coal: Facts & Figures (<http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=187>) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20090518143559/http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=187>) 2009-05-18 di Wayback Machine.
- **(Inggris)** MSNBC report on coal pollution health effects in the United States (<https://www.msnbc.msn.com/id/5174391/>)
- **(Inggris)** Clean coal technologies (<http://www.uic.com.au/nip83.htm>) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20050621112309/http://www.uic.com.au/nip83.htm>) 2005-06-21 di Wayback Machine.
  - **(Inggris)** Advanced methods of using coal ([http://www.jcoal.or.jp/overview\\_en/gijutsu.html](http://www.jcoal.or.jp/overview_en/gijutsu.html)) Diarsipkan ([https://web.archive.org/web/20100809105829/http://www.jcoal.or.jp/overview\\_en/gijutsu.html](https://web.archive.org/web/20100809105829/http://www.jcoal.or.jp/overview_en/gijutsu.html)) 2010-08-09 di Wayback Machine. (Pusat Energi Batu bara Jepang en)
- **(Inggris)** USDOE Hydrogen from Coal Research ([http://www.fe.doe.gov/programs/fuels/hydrogen/Hydrogen\\_from\\_Coal\\_R&D.html](http://www.fe.doe.gov/programs/fuels/hydrogen/Hydrogen_from_Coal_R&D.html)) Diarsipkan ([https://web.archive.org/web/20130303040016/http://www.fe.doe.gov/programs/fuels/hydrogen/Hydrogen\\_from\\_Coal\\_R%26D.html](https://web.archive.org/web/20130303040016/http://www.fe.doe.gov/programs/fuels/hydrogen/Hydrogen_from_Coal_R%26D.html)) 2013-03-03 di Wayback Machine.
- **(Inggris)** Coal Preparation (<http://www.tandf.co.uk/journals/titles/07349343.asp>)
- **(Inggris)** Wyoming Coal (<http://smtc.uwyo.edu/coal/>) dari Universitas Wyoming.
- **(Inggris)** Coal - origin, purification and consumption ([http://www.our-energy.com/coal\\_en.html](http://www.our-energy.com/coal_en.html))
- **(Inggris)** History of coal seams and the practice of coal mining in North Staffordshire, UK (<http://www.stoke.gov.uk/ccm/museums/museum/2006/gladstone-pottery-museum/information-sheets/coal-in-north-staffordshire.en>)
- **(Indonesia)** Gasifikasi batu bara (<http://www.gasifikasibatubara.com>) Diarsipkan (<https://web.archive.org/web/20130602103444/http://gasifikasibatubara.com/>) 2013-06-02 di Wayback Machine.
- Daniel Burns. *The modern practice of coal mining* (1907)
- Chirons, Nicholas P. *Coal Age Handbook of Coal Surface Mining* (ISBN 0-07-011458-7)
- Hamilton, Michael S. *Mining Environmental Policy: Comparing Indonesia and the USA* (Burlington, VT: Ashgate, 2005). (ISBN 0-7546-4493-6).
- Hayes, Geoffrey. *Coal Mining* (2004), 32 pp
- Hughes. Herbert W, *A Text-Book of Mining: For the use of colliery managers and others* (London, many editions 1892-1917), the standard British textbook for its era.
- National Energy Information Center, *Greenhouse Gases, Climate Change, Energy*, diakses tanggal 2007-10-16
- Charles V. Nielsen and George F. Richardson. *1982 Keystone Coal Industry Manual* (1982)
- Saleem H. Ali. *Minding our Minerals*, 2006. [1]
- A.K. Srivastava. *Coal Mining Industry in India* (1998) (ISBN 81-7100-076-2)

- The Department of Trade and Industry, *The Coal Authority*, diarsipkan dari asli tanggal 2008-10-13, diakses tanggal 2007-10-16
  - James Tonge. *The principles and practice of coal mining* (1906)
- 

Diperoleh dari "[https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Batu\\_baru&oldid=29154307](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Batu_baru&oldid=29154307)"