

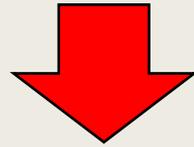
ENERGI TERBARUKAN

Hasrul Anwar, M.T



Energi dari Fosil

Bahan bakar fosil atau bahan bakar mineral



Energi bersumber
dari bahan bakar fosil

Batu Bara

Minyak
Bumi

Gas Alam

- **PLTG**
- **PLTD**
- **PLTU**



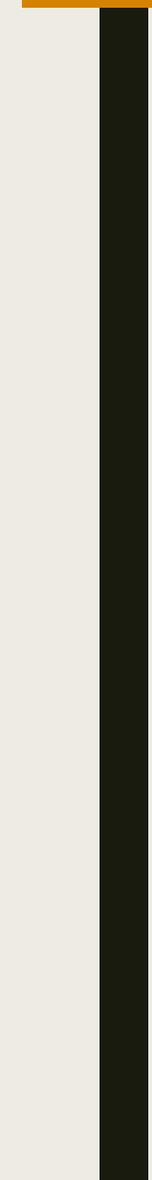
Energi Bahan Bakar Fosil

Merupakan salah satu energi yang tersedia di alam dan dapat berupa minyak bumi, batu bara, panas bumi, dan gas alam.

Energi-energi tersebut berubah menjadi bahan bakar fosil dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia, baik untuk transportasi maupun kebutuhan hidup manusia lainnya.

Sumber energi bahan bakar fosil termasuk sumber energi tidak dapat diperbaharui (***non renewable***)

artinya sumber energi yang tidak dapat diisi atau dibuat kembali oleh alam dalam waktu singkat dan bukan proses berkelanjutan.



Bahan Bakar Fosil

Bahan bakar fosil atau bahan bakar mineral.

Adalah sumber daya alam yang mengandung hidrokarbon seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam dan dibentuk karena adanya pembusukan atau dekomposisi secara anaerobik (tanpa oksigen) dari sumber daya alam, sisa tumbuhan, dan binatang.

Proses Terbentuknya Energi Fosil

- Terbentuk karena adanya proses alamiah berupa pembusukan dari organisme yang mati selama ratusan juta tahun lalu
- Dinosaur, pepohonan, dan hampir semua makhluk hidup yang mati, terendapkan di tanah, dan sekarang telah menjadi minyak bumi, gas alam, atau batu bara.
- Gas alam memiliki wujud gas, minyak bumi berwujud cair, dan batu bara berwujud padat.
- Perbedaan wujud tersebut disebabkan karena adanya perbedaan pada tekanan dan panas yang mereka terima di perut bumi selama jutaan tahun lalu.

Jenis- Jenis Bahan Bakar Fosil

Gas Alam
(Wujudnya Gas)

Minyak bumi
(Wujudnya Cair)

Batu bara
(Wujudnya Padat)

Gas Alam

- Merupakan bahan bakar fosil berbentuk gas.
- Gas alam merupakan campuran hidrokarbon daya tekan tinggi, berat jenis spesifik yang rendah , dan dengan secara alamiah terdapat dalam bentuk gas.
- Untuk kandungan nilai kalor yang sama, pemanfaatan gas alam lebih hemat 10-30% dari pada minyak bumi.
- Harga gas alam hanya 55% dari harga minyak bumi.
- Gas alam lebih ramah lingkungan karena pembakarannya lebih sempurna sehingga emisinya lebih sedikit dibandingkan minyak bumi.
- Cadangan gas alam di tingkat domestik dan dunia sangat besar. Cadangan minyak bumi di Indonesia 4 miliar barrel dan cadangan gas alam 104 triliun kaki kubik (*triliun cubic feet/tcf*).

Pembentukan Gas Alam

- Gas LPG (*Liquified petroleum gas*) didapatkan dari proses pengolahan minyak bumi melalui proses kondensasi.
Komposisi utamanya adalah Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}) lebih kurang 99% dan sisinya adalah gas pentana (C_5H_{12}) yang dicairkan.
LPG dibedakan menjadi 3 macam, yaitu LPG Propana, LPG Butana, dan LPG Mix (campuran LPG Propana dan LPG Butana).
- CNG (*Compressed petroleum gas*) merupakan gas bumi yang telah ditempatkan pada tekanan yang tinggi agar volumenya menjadi lebih rendah dari keadaan standarnya. Di Indonesia CNG dikenal dengan istilah BBG (Bahan Bakar Gas).
- LNG (*Liquified natural gas*) merupakan gas metana yang memiliki komposisi metana sebanyak 90% yang kemudian dicairkan pada suhu $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada tekanan atmosfer.
- Metana. Merupakan gas alam murni yang paling banyak terdapat di bumi dan memiliki sifat mudah terbakar. Metana dapat digunakan dalam kegiatan rumah tangga, seperti memasak, sebagai pemanas ruangan, dan sebagainya.

Prinsip Pemisahan Gas Alam

Komposisi utama dalam gas alam adalah

- Metana (80%)
- Etana (7%)
- Propana (6%)
- Butana (2,5%)

Prinsip pemisahan gas alam

- Campuran gas dan cairan dialirkan dari alat pengeboran ke kilang. Selama dalam pipa, tekanan dikurangi sehingga hidrokarbon yang lebih berat menjadi cairan.
- Cairan diambil dari dasar "slug catcher" . Dalam kilang, dihasilkan metana dan etana.
- Dalam kilang, metana dipisahkan dari gas lain dan tetap dalam wujud cair. Metana dialirkan langsung ke kota sebagai bahan bakar, dan metana dalam bentuk cair di bawa oleh kapal ke beberapa negara.
- Dalam tangki ini, panas menaikkan etana ke atas untuk dialirkan ke luar. Gas propana dan butana dan cairan lain dialirkan ke tangki berikutnya. Etana dialirkan ke pabrik kimia untuk diproses lebih lanjut.

Prinsip Pemisahan Gas Alam

Zat-zat pengotor beserta pemanfaatannya

- **Sulfur dioksida**

digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam sulfat

- **Hidrogen**

dimanfaatkan untuk pembuatan amonia

- **Gas Helium**

Sangat ringan dan reaktif. Digunakan untuk mengisi balon hingga mengendalikan bahan bakar roket.

- **Gas butana**

Pada fasa cair dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor untuk camping dan lentera(lampu).

Kekurangan Gas Alam

- Gas relatif sulit disimpan atau diangkut. Penyimpanan dan pengangkutannya (bila dengan kapal laut) memerlukan konstruksi kapal khusus.
- Jika pengguna gas alam jauh dari sumbernya atau jauh dari pipa distribusi, gas perlu dimampatkan menjadi LNG (*Liquefied Natural Gas*), LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), atau CNG (*Compressed Petroleum Gas*), sehingga diperlukan infrastruktur tambahan.
- Penyimpanan gas untuk cadangan berbeda jauh bila dibandingkan dengan minyak bumi, sehingga diperlukan infrastruktur khusus.

Minyak Bumi

Merupakan sumber daya yang paling banyak digunakan, baik secara personal maupun industri. Minyak bumi dalam kondisi mentah akan melalui beberapa tahap pengolahan hingga akhirnya menjadi produk jadi dan siap digunakan.

Minyak mentah (*crude oil*) adalah cairan hitam yang lengket dan berbau kuat yang terdapat jauh di perut bumi. Minyak bumi mengandung hidrokarbon berupa senyawa hidrogen dan atom karbon.

Hidrokarbon berat atau memiliki rantai panjang berwarna hitam, berat, dan kental, sedangkan hidrokarbon ringan atau memiliki rantai pendek berwarna relatif pucat dan encer.

Proses Terbentuknya Minyak Bumi

- Dimulai ketika ada tanaman atau hewan yang terkubur di dalam lapisan kerak bumi selama ratusan juta tahun yang lalu.
- Tanaman dan hewan yang mati akan terbawa dalam kerak bumi lewat pergerakan lapisan lempengan bumi.
- Semua sisa tanaman dan hewan yang telah menjadi fosil akan bereaksi dengan panas bumi dan gas alam yang terbentuk secara alami.
- Proses ini menghasilkan cairan hitam yang dikenal dengan minyak bumi.

Komposisi Minyak Bumi

- Berasal dari hasil pengeboran berupa minyak mentah (*crude oil*) yang kental dan hitam. Crude oil terdiri dari campuran-campuran hidrokarbon berikut:
 1. Alkana
Senyawa alkana yang paling banyak ditemukan adalah n-oktana dan isooktana (2,2,4-trimetil pentana).
 2. Hidrokarbon Aromatis
Diantaranya adalah Etil Benzene
 3. Sikloalkana
Antara lain siklopentana dan sikloheksana
 4. Belerang (0,01-0,7%)
 5. Nitrogen (0,01-0,9%)
 6. Oksigen (0,06-0,4%)
 7. Karbon dioksida
 8. Hidrogen sulfida

Pengolahan Minyak Mentah

- **Difraksi fraksional**

Adalah proses pemisahan komponen dari zat penyusun suatu campuran senyawa larutan berdasarkan perbedaan titik didih menggunakan distilasi secara bertingkat.

Prosesnya

1. Minyak mentah dipanaskan dalam tungku hingga suhu sekitar $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan gasnya dialirkan ke dalam kolom distilasi fraksional. Di dalam kolom distilasi, gas mengalir ke atas melalui tutup gelembung. Jika temperaturnya cukup dingin, gas akan berkondensasi pada tutup dan menjadi cair.
2. Residu, semua hidrokarbon dengan atom karbon lebih dari 2 masuk ke dalam tanki. Campuran hidrokarbon kemudian digunakan untuk menghasilkan minyak pelumas, jeli minyak, lilin, dan b
3. Minyak gas, pada level ini antara $250\text{-}350\text{ }^{\circ}\text{C}$ minyak gas terdistribusikan ke dalam kolom distilasi dengan 14-20 atom karbon, digunakan untuk membuat bahan bakar pemanas, dan juga untuk membuat aspal menjadi lebih lunak dan ditebarkan.
4. Kerosin, cairan minyak ringan. Terbentuk pada $160\text{-}250\text{ }^{\circ}\text{C}$ antrara 10-16 dibuat menjadi avtur (bahan bakar jet). Parafin serta pelarut cat.



Pengolahan Minyak Mentah

5. Nafta, cairan berwarna kuning berkondensasi pada suhu 70-160°C, dengan 8-12 atom karbon. Nafta dapat dibuat menjadi bahan bakar mobil, plastik, bahan kimia obat, pestisida, dan pupuk. Dapat digunakan juga sebagai pelarut dan pemrosesan karet dan mengekstrak minyak dari biji-bijian.
6. Bensin, dihasilkan pada temperatur 20-70°C. Hidrokarbon dalam bensin memiliki atom karbon antara 5-10. Bensin umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar mobil, tetapi juga sebagai bahan mentah untuk membuat plastik atau bahan kimia lain seperti detergen.
7. Refineri gas, pada suhu 20°C hanya terdapat 4 jenis hidrokarbon yang tersisa sebagai gas. Hidrokarbon tersebut adalah metana, etana, propana, dan butana. Metana dan etana digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan minyak dalam fraksinasi dan dapat dimanfaatkan untuk membuat bahan kimia. Propana dan butana dikemas dalam tabung/silinder gas sebagai bahan bakar untuk kompor gas dan lampu *portable*.

Produk-produk yang dihasilkan dari Kilang Minyak

- Produk BBM :
bensin penerbangan (avtur), bensin motor, kerosin, solar, minyak diesel, dan bahan bakar.
- Produk BBBM:
elpiji, pelarut, minyak pelumas, lemak, aspal, malam, paraffin, hitam karbon, kokas, bahan kimia, insektisida, dll.
- Polyethana, HDPE dan LDPE, PVC, polypropilena, polystirena, polykarbonat, dll.

Produk-produk yang dihasilkan dari Kilang Minyak

- LPG
LPG (*Liqified Petroleum Gas*) PERTAMINA dengan brand ELPIJI. Merupakan gas hasil dari kilang minyak (BBM) dan kilang gas.
- Bahan bakar penerbangan
Avtur digunakan sebagai bahan bakar pesawat terbang.
- Bensin
Merupakan bahan bakar transportasi.
Mengandung lebih dari 500 jenis hidrokarbon yang memiliki rantai C5-C10.
Kadarnya bervariasi tergantung komposisi minyak mentah dan kualitas yang diinginkan.
- Minyak tanah (kerosin)
Bahan bakar hidrokarbon yang diperoleh sebagai hasil penyulingan minyak bumi dengan titik didih yang lebih tinggi daripada bensin.
- Solar
Diesel, di Indonesia lebih kenal dengan nama solar. Produk akhir yang digunakan untuk bahan bakar mesin diesel.

Produk-produk yang dihasilkan dari Kilang Minyak

- Pelumas

Zat kimia yang umumnya cairan, yang diberikan diantara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek.

Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan.

- Lilin

Bahan bakar yang digunakan adalah paraffin.

- Minyak bakar

Hasil distilasi dari penyulingan minyak tetapi belum membentuk residu akhir dari proses penyulingan itu sendiri.

Biasanya berwarna hitam chrom, lebih pekat dibandingkan daripada minyak diesel.

- Aspal

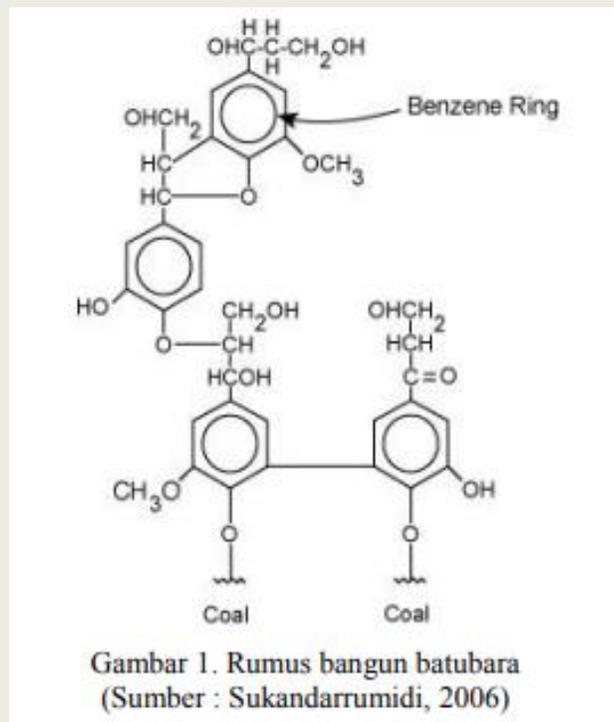
Bahan hidrokarbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan visioelastis.

Batu Bara

- Adalah batuan sedimen yang dapat terbakar. Terbentuk dari endapan organik terutama terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen.
- Dikenal sebagai minyak hitam.
- Nilai ekonomi batu bara lebih rendah dibandingkan dengan nilai ekonomi minyak bumi.

Struktur Batubara

- Struktur batubara diperkirakan berbentuk polimer padat yang tidak larut dalam pelarut organik. Batubara tersusun dari grup aromatik dan grup polisiklik yang masing-masingnya dihubungkan oleh struktur alifatik dan gugus fungsional oksigen.



Struktur Batubara

- Jumlah cincin aromatik dalam batubara juga ditentukan oleh peringkat batubara; batubara dengan kandungan karbon 70-80% rata-rata memiliki cincin aromatik dua, kandungan karbon 85-90% rata-rata memiliki cincin aromatik 3-5, dan kandungan karbon 95%, rata-rata cincin aromatik bisa mencapai 40-an.
- Grup polisiklik batubara biasanya terdiri dari gugus fungsional oksigen, nitrogen, dan sulfur. Sementara sulfur alifatik yang menghubungkan masing-masing grup terdiri dari alifatik pendek dan struktur hidroaromatik.

Kelas dan Jenis Batu Bara

- **Lignit**

Beberapa karakteristik dari jenis lignit:

- Bewarna coklat
- Memiliki jumlah energi yang cenderung sedikit (sekitar 10-20 MJ/kg)
- Mengandung banyak kotoran (jumlahnya hingga 40-75% kotoran)
- Memiliki kandungan unsur karbon hanya 60-70%

- **Antrasit**

Kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, mengandung sekitar 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.

- **Bituminus**

Mengandung sekitar 68-86% unsur karbon (C) dengan kadar air 8-10%. Kelas batu bara paling banyak di tambang di Australia.

- **Sub-bituminus**

Mengandung sedikit karbon dan banyak air, sehingga menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan bituminus.

Jenis Batu Bara

- **Lignit**

- Batu bara lignit adalah jenis batu bara yang paling baru, karena jenis ini merupakan tahap pertama dari pembentukan batubara.
- Jenis ini disebut sebagai batubara muda karena lignit adalah bentuk pertama dari coalifaction yang terjadi dari perubahan gambut atau endapan organik menjadi batubara.
- Menurut penelitian, jenis ini terbentuk sejak 251 juta tahun yang lalu. Atau dengan kata lain, material yang terbentuk ini berasal dari zaman Mesozoikum dan Kenozoikum.
- Lignit sering disebut brown-coal. Pada tingkat ini telah menunjukkan struktur kokoh dengan gejala pelapisan yang kuat. Lignit memiliki panas yang sangat rendah sehingga hanya dapat digunakan untuk kepentingan yang sederhana.
- Karena tingkat efisiensinya yang sangat rendah, lignite tidak digunakan atau dikomersialkan secara luas untuk keperluan transportasi atau industri. Jenis ini biasanya digunakan sebagai bahan bakar PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap).



Jenis Batu Bara

- **Subbituminus**

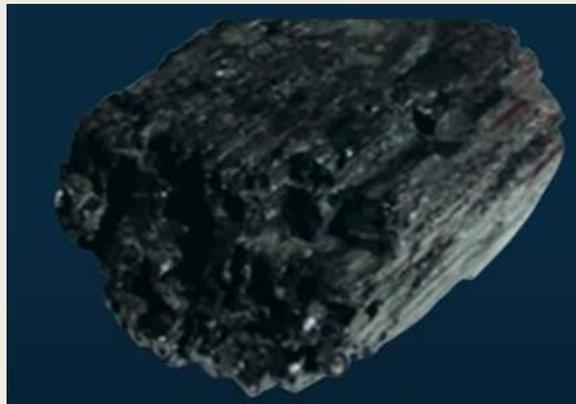
- Jenis sub-bituminus adalah jenis batu bara yang warnanya sedikit lebih tua dari lignite tetapi sifatnya masih agak lunak.
- Warna batuan ini adalah hitam hingga coklat dan kadar airnya tinggi tetapi lebih rendah dari lignit. Oleh karena itu, jenis sub-bituminus belum dianggap sebagai batu bara yang terbentuk sempurna.
- Kandungan karbon yang dimiliki jenis ini hanya berkisar 40% sampai 60% dan kandungan energinya 19 sampai 26 MJ/kg. Meski rendah karbon, subbitumen lebih padat dari lignit, sehingga berat jenisnya juga lebih berat dari lignit. Oleh karena itu sub bitumen memiliki lebih banyak energi.
- Sama seperti lignite, sub bituminous juga banyak digunakan pada Pembangkit Tenaga Listrik Uap



Jenis Batu Bara

- **Bituminus**

- Bituminus adalah batubara berwarna hitam dan dalam beberapa kasus berwarna coklat tua, rapuh dengan bentuk bongkah prismatic berlapis serta sudah tidak mengeluarkan gas dan air apabila dikeringkan.
- Kualitas batu bara jenis ini secara signifikan lebih baik daripada dua jenis sebelumnya. Sehingga banyak digunakan di berbagai industri.
- Kandungan karbonnya sendiri mencapai 80% dari berat totalnya. Selain terdiri dari kandungan karbon, batuan ini juga dibentuk oleh hidrogen, belerang, nitrogen, hingga hidrogen.



Jenis Batu Bara

- **Antrasit**

- Antrasit adalah batubara dengan kualitas terbaik berwarna hitam cemerlang seperti kaca, keras, tingkat kelembaban rendah, dan memiliki karbon yang lebih rendah sehingga menghasilkan energi yang besar.
- Batubara antrasit adalah sejenis batubara hitam mengkilat, secara fisik hampir sama dengan batubara bituminus, namun antrasit memiliki tekstur lebih padat, mengkilat dan lebih sedikit debu.
- Secara umum, antrasit adalah batubara dengan kualitas paling tinggi karena semua batu bara memiliki kandungan karbon paling tinggi, sehingga juga menghasilkan energi yang jauh lebih banyak daripada batubara bituminus.



Prose Pembentukan Batu Bara

- **Tahap Diagenetik atau Biokimia (Penggambutan)**

Dimulai pada saat dimana tumbuhan yang telah mati mengalami pembusukan (terdekomposisi) dan menjadi humus. Humus ini kemudian diubah menjadi gambut oleh bakteri anaerobik dan fungi hingga lignit (gambut) terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi, dan gangguan biologis.

- **Pembentukan batubara**

Merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia, dan fisika.

- 
- Bahan bakar fosil termasuk bahan bakar yang ketersediaannya saat ini masih banyak dan stabil untuk dimanfaatkan setiap hari. bahan bakar fosil juga termasuk bahan bakar yang stabil yang tidak mengalami perubahan warna, bau, berat, ukuran serta kadar asamnya dibandingkan zat-zat lain yang ada di bumi.
 - Bahan bakar fosil dapat mensejahterakan seluruh umat manusia terbukti dengan penggunaan bahan bakar ini listrik dapat menerangi seluruh negara yang ada di dunia tanpa harus khawatir akan habis sumber alamnya untuk saat ini.
 - Bahan bakar fosil adalah pendukung utama yang sangat vital bagi kemajuan dan pergerakan ekonomi yang sedang berlangsung dari tahun ketahun dan selama persediaan bahan bakar fosil masih ada maka kemajuan sebuah industri akan selalu berjalan dengan lancar.
 - Penggunaan Bahan bakar fosil pada industri terutama industri biokimia dan elemen lain dapat digunakan untuk kemajuan, perkembangan dan pertumbuhan perekonomian kedepannya atau dimasa yang akan datang.

Kelebihan penggunaan bahan bakar fosil

- Dapat dinikmati untuk kesejahteraan rakyat yaitu penggunaan bahan bakar fosil dapat menghasilkan listrik dalam jumlah yang sangat besar dan merata pada sebuah lokasi atau wilayah yang diinginkan
- Relatif lebih mudah untuk ditemukan dalam keadaan terdesak karena saat ini ketersediaan bahan bakar fosil sudah dapat dijumpai diberbagai wilayah dengan jarak yang tidak terlalu jauh antara lokasi tempat yang menyediakan bahan bakar fosil misalnya bensin dengan bahan bakar fosil selanjutnya
- Relatif sangat hemat bagi pengguna yang berasal dari masyarakat tak mampu karena harga yang disediakan selalu disesuaikan dengan kebutuhan pada saat itu.
- Pengolahan dan pengambilan bahan bakar fosil dapat dilakukan dengan mudah hanya dengan pipa khusus yang biasa digunakan para pekerja lokasi penambangan.

Kekurangan penggunaan bahan bakar fosil

- Meningkatkan polusi berupa racun dalam udara (radikal bebas)
- Menyebabkan hujan asam
- Menyebabkan pencemaran lingkungan tanah dan air
- Persediaan yang semakin menipis
- Meningkatkan efek rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global