

BAB 5

INDUSTRI MINYAK BUMI

Pengantar

Minyak bumi dalam bahasa Inggris 'petroleum', dari bahasa Latin *petrus*–karang dan *oleum*–minyak), atau disebut juga sebagai *emas hitam*, adalah cairan kental, coklat gelap, atau kehijauan yang mudah terbakar yang berada di lapisan atas dari beberapa area kerak bumi. Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks dari berbagai hidrokarbon, sebagian besar merupakan deret senyawa alkana, bervariasi dalam komposisi dan kemurniannya.

Minyak bumi erat kaitannya dengan produk-produk petrokimia. Hal ini disebabkan dalam minyak bumi terkandung bahan-bahan selain karbon, yaitu hidrogen sulfur, nitrogen, oksigen, dan lain-lain.

Pada awalnya, minyak bumi banyak dimanfaatkan sebagai minyak tanah, namun seiring dengan perkembangan teknologi maka minyak bumi diolah menjadi bahan lain yang sangat berguna bagi manusia seperti bahan bakar (bensin, solar, kerosin, minyak diesel, dll.) yang lebih dikenal dengan sebutan BBM (bahan bakar minyak). Minyak bumi bersumber dari cadangan alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga makin hari cadangannya makin menipis sejalan dengan tuntutan kebutuhan energi dunia yang semakin meningkat.

Komposisi Kimia Minyak Bumi

Unsur	Gas Bumi	Aspal	Minyak Mentah	
Karbon	65 - 80	80 - 85	82,2 – 87,1	83 – 87
Hidrogen	1 - 25	8,5 - 11	11,7 – 14,7	11 – 25
Belerang	0 – 0,2	2 - 8	0,1 – 5,5	0 – 6
Nitrogen	1 - 15	0 - 2	0,1 – 1,5	0 – 0,7
Oksigen	-	-	0,1 – 4,5	0 – 0,5
Logam	-	-	-	0, - 0,1

Sebagai bahan alami, komposisi minyak bumi bervariasi tidak hanya dari daerah ke daerah, melainkan juga lapangan yang satu ke lapangan yang lain dalam satu daerah. Minyak bumi terdiri dari ribuan senyawa kimia termasuk gas, cairan dan zat padat mulai dari metana sampai aspal.

- n-parafin:** merupakan fraksi utama dari minyak mentah yang dihasilkan dari straight-distillation, di mana senyawa yang dihasilkan mempunyai bilangan oktan rendah.
- Isoparafin:** Senyawa yang mempunyai rantai cabang sangat sedikit, namun jumlah isoparafinnya dapat ditingkatkan melalui proses perengkahan katalitik, alkilasi, iso merasi dan polimerisasi.
- Olefin:** senyawa olefin hampir tidak terdapat dalam minyak mentah tetapi proses perengkahan katalitik akan menghasilkan senyawa ini. Senyawa olefin tidak stabil dan digunakan sebagai bahan baku untuk zat petrokimia.
- Aromatik.** Minyak bumi sangat sedikit mengandung senyawa aromatik yang sangat dibutuhkan pada bensin sebagai bahan anti-knocking
- Nafta:** merupakan senyawa siklis yang jenuh dan tidak reaktif, yang merupakan

senyawa kedua terbanyak dalam minyak bumi. Senyawa ini memiliki berat molekul yang rendah dan digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan senyawa nafta yang memiliki berat molekul yang tinggi terdapat pada fraksi gas oil dan minyak pelumas.

- f. **Senyawa belerang:** merupakan senyawa yang berbau dan dapat menimbulkan korosi, namun kadang-kadang senyawa ini terkandung dalam jumlah sedikit sehingga dapat diabaikan.

Destilasi Bertingkat Minyak Bumi

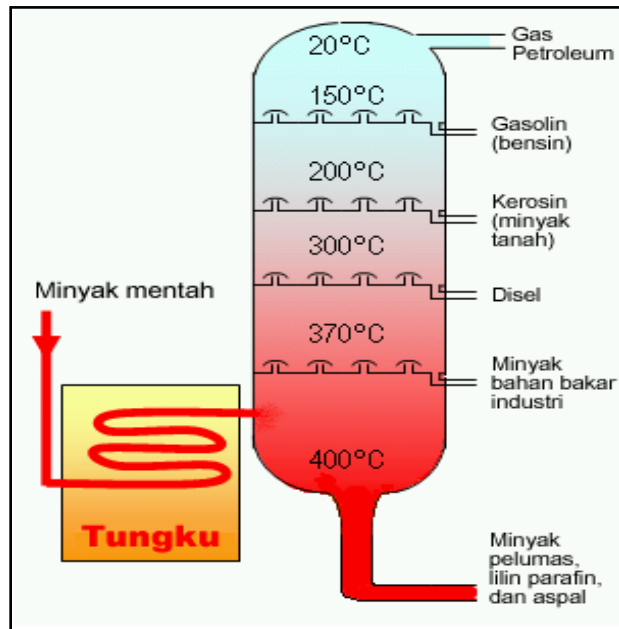
Minyak bumi merupakan minyak mentah yang mengandung campuran lumpur dan air yang tersuspensi serta gas, dipompa dan ditampung dalam tangki penyimpanan berbentuk silinder. Dalam tangki tersebut minyak bumi disentrifuge dan diberi tekanan sehingga air dan lumpur terendapkan. Kemudian tekanan diperkecil sehingga gas dalam campuran tersebut keluar, kemudian minyak terpisah dimana lapisan minyak berada di atas lapisan air dan lumpur. Fraksi gas dalam minyak mentah diperoleh dengan pemisahan secara langsung. Gas yang larut dalam minyak mentah juga diperoleh pada saat destilasi yang kemudian akan dimurnikan sebagai LPG (Liquified Petroleum Gases) atau digunakan dalam proses pembentukan bensin. Garam-garam yang terkandung dalam minyak mentah dihilangkan dengan cara menambahkan zat-zat kimia yang kemudian dipisahkan dari minyak. Berbagai hidrokarbon yang terkandung dalam minyak dipisahkan dengan cara destilasi bertingkat. Hal tersebut didasarkan bahwa karbon yang memiliki jumlah atom C yang sama akan memiliki titik didih yang hampir sama.

Destilasi fraksinasi dilakukan pada suhu $<400^{\circ}\text{C}$ karena di atas suhu tersebut dapat terjadi perengkahan fraksi-fraksi minyak yang mempunyai rantai karbon pendek (C_5). Destilasi fraksinasi minyak mentah dilakukan dengan suatu alat yang disebut *Topping Still*. Unit destilasi terdiri dari kerangka pokok yaitu *furnace* dengan pipa (pipe still) atau wadah (tank still) sebagai tempat minyak mentah dipanaskan dan bagian menara (distillation/fractionating/bubble power) sebagai tempat fraksi-fraksi minyak diembunkan kembali dan dialirkan. Menara pemisah tingginya mencapai 60 meter.

Pada bagian menara atas sejumlah piringan, di mana setiap piringan mempunyai sejumlah cerobong kecil yang dilalui uap minyak. Cerobong kecil tersebut ditutup sehingga uap minyak membentuk gelembung-gelembung pada cairan di atas piringan, saluran ke bawah mengalir minyak ke bagian piringan yang lebih rendah. Kemudian dilakukan pemanasan lagi sehingga terbentuk uap lagi, demikian seterusnya sampai terjadi pemisahan fraksi-fraksi hidrokarbon.

Minyak mentah dialirkan melalui pipa pemanas. Pemanasan dilakukan pada suhu $316-400^{\circ}\text{C}$ sehingga semua komponen minyak menguap kecuali residunya. Komponen yang memiliki titik didih rendah akan menguap, sedangkan yang lain akan mengembun dan mengalir ke bawah. Komponen yang berupa uap tadi akan naik melewati menara pemisah, sementara itu suhu terus menurun sehingga komponen yang sukar mendidih akan mengembun. Fraksi-fraksi minyak akan keluar melalui saluran-saluran yang berada di samping menara sesuai dengan titik didihnya. Proses destilasi minyak mentah merupakan proses yang berkelanjutan. Residu akan diperoleh pada bagian dasar menara.

Destilasi bertingkat minyak bumi



Hasil destilasi bertingkat minyak bumi

Fraksi	Kandungan karbon	Rentang titik didih (°C)
Destilat ringan		
Bensin	$C_6 - C_8$	60 – 100
Nepthane	$C_8 - C_{11}$	100 – 200
Bahan bakar jet	$C_6 - C_{13}$	80 – 230
Kerosin	$C_{12} - C_{16}$	200 – 300
Minyak pemanas ringan	$C_{11} - C_{18}$	200 – 300
Destilat intermediet		
Minyak gas		250 – 400
Minyak mesin berat	$C_{16} - C_{18}$	274 – 400
Minyak diesel	$C_{15} - C_{18}$	280 – 380
Destilat berat		
Minyak pelumas	$C_{16} - C_{18}$	>300
Lilin	$>C_{18}$	Destilasi vakum
Residu		
Gemuk, vaselin	$C_{18} - C_{20}$	>300
Lilin parafin	$C_{20} - C_{30}$	
Aspal	$C_{30} - C_{40}$	
Arang petroleum		
Vaselin	$C_{18} - C_{22}$	>380

Kokas	> C ₃₀	
Parafin	C ₂₀ – C ₃₀	Tl. 50 – 60

Pengolahan Minyak Bumi

Fraksi-fraksi minyak bumi hasil fraksinasi tidak langsung digunakan atau dipasarkan. Hasil destilasi merupakan produk-antara dalam pengolahan minyak bumi. Fraksi-fraksi yang diperoleh diolah kembali sesuai dengan kebutuhan jumlah rantai karbonnya. Proses pengolahan minyak bumi dilakukan dengan berbagai metode dan pendekatan tertentu sesuai dengan produk yang diinginkan.

Proses hidrokarbon

Proses ini terutama ditujukan untuk memperbaiki kualitas dan perolehan fraksi gasolin. Kualitas gasolin sangat ditentukan oleh sifat anti-knocking yang dinyatakan dalam bilangan oktan. Bilangan oktan 100 diberikan pada iso-oktan (2,2,4-trimetil pentana) pada n-heptana yang mempunyai sifat anti-knocking yang buruk. Gasolin yang diuji akan dibandingkan dengan campuran iso-oktan dan n-heptana. Bilangan oktan dipengaruhi oleh beberapa struktur molekul hidrokarbon:

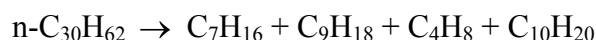
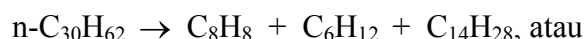
Perengkahan (cracking)

Proses ini dimaksud untuk memecahkan hidrokarbon yang lebih tinggi menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Produk perengkahan merupakan fraksi gasolin dengan bilangan oktan tinggi.

Terdapat tiga cara perengkahan yaitu :

(a). Perengkahan termal

Perengkahan terjadi karena proses pemanasan. Reaksi kimia pada proses ini adalah:



Hidrokarbon akan merengkah jika dipanaskan sampai suhunya melebihi 300-400°C dengan atau tanpa katalis.

(b). Perengkahan katalik

Proses perengkahan dengan bantuan katalis untuk mempercepat. Katalis yang digunakan biasanya SiO₂ dan Al₂O₃ atau bauksit. Reaksi dari perengkahan katalik melalui mekanisme reaksi perengkahan ion karbonium. Mula-mula katalis karena bersifat asam menambahkan proton ke molekul olefin atau menarik ion hibrida dari alkana membentuk karbonium:





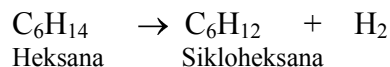
(c) Hydrocracking

Hydrocracking merupakan kombinasi antara proses perengkahan dan proses hidrogenasi menghasilkan senyawa yang jenuh, pada tekanan tinggi. Keuntungan dari proses hydrocracking adalah belerang yang terkandung dalam minyak diubah menjadi hidrogen sulfida yang kemudian dipisahkan.

Reforming

Reforming merupakan proses pengubahan struktur molekul dari hidrokarbon parafin menjadi senyawa aromatik dengan bilangan oktan tinggi. Pada proses ini digunakan katalis molibdenum oksida dalam Al_2O_3 atau platina dalam lempung.

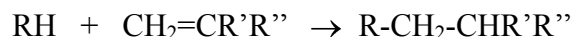
Contoh reaksi:



Alkilasi dan polimerisasi

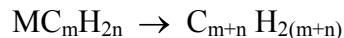
Alkilasi merupakan proses penambahan jumlah atom dalam molekul menjadi molekul-molekul yang lebih panjang dan bercabang. Dalam proses ini digunakan katalis asam kuat seperti H_2SO_4 , HCl , AlCl_3 (asam lewis).

Secara umum reaksinya dapat dituliskan sebagai:



Polimerisasi merupakan penggabungan molekul-molekul kecil (gas) dengan rantai karbon kurang dari lima menjadi molekul-molekul yang lebih besar yang merupakan bagian dari jenis bahan bakar bensin.

Rumus umumnya:



Pemurnian

Hampir semua produk hasil proses penyulingan, perengkahan dan yang lainnya, masih mengandung pengotor yang harus dihilangkan sebelum digunakan/konsumsi. Proses pemurnian ini dapat dilakukan dengan cara:

- Copper sweetening* dan *doctor treating* yaitu proses merubah kotoran-kotoran yang menyebabkan karat dan bau, agar produk yang dihasilkan tidak berbau.

- b. *Acid treatment* yaitu membuang pengotor yang berbentuk lumpur sambil memperbaiki warna dan tahan terhadap pembusukan.
- c. *Desulfurizing* dilakukan untuk menghilangkan unsur belerang.
- d. *Dewaxing* yaitu proses penghilangan wax (n-parafin) dengan berat molekul tinggi dari fraksi minyak pelumas untuk menghasilkan minyak pelumas dengan *pour point* yang lebih rendah.
- e. *Deasphalting* yaitu penghilangan aspal dari fraksi yang digunakan untuk minyak pelumas.

Pencampuran

Pencampuran merupakan proses pengolahan produk setelah melalui langkah-langkah sebelumnya agar memenuhi syarat untuk dikonsumsi. Misalnya ditambahkan bahan aditif TEL (*tetraethyl lead*) yang berfungsi untuk mengurangi ketukan (knocking) pada mesin. Suatu bahan inhibitor dicampur pada bensin agar bensin dapat disimpan lebih lama. Di negara yang mengalami empat musim, ke dalam bensin ditambahkan zat tertentu agar cepat menguap walaupun musim dingin.

Produk Hasil Pengolahan Minyak Bumi dan Pemanfaatannya

(a). Gas petroleum

Gas petroleum sebagian besar terdiri dari metana, etana, propana dan butana serta sebagian kecil pentana, gas karbon dioksida, nitrogen dan belium. Gas petroleum antara lain digunakan sebagai bahan bakar, bahan pembuat karbon, bahan pembuat bensin (khusus dari gas basah) dan bahan pembuat zat-zat kimia lain seperti CO₂, H₂, dan asetilen.

(b). Bensin

Bensin atau gasoline adalah cairan campuran yang sebagian besar berupa senyawa hidrokarbon (parafin, naftalen, senyawa tidak jenuh dan terkadang senyawa aromatic) yang berasal dari minyak bumi, digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Istilah gasoline banyak digunakan dalam industri minyak, bahkan dalam perusahaan. Kadangkala istilah mogas (motor gasoline) digunakan untuk membedakannya dengan avgas, gasoline yang digunakan oleh pesawat terbang ringan. Konsumsi gasoline di Amerika mencapai 360 juta gallon (1,36 milyar liter) setiap harinya.

Terdapat tiga jenis bensin antara lain :

1. Bensin yang dihasilkan langsung dari penyulingan minyak mentah yang disebut bensin langsung yang mengandung 5-405 minyak mentah.
2. Bensin yang dihasilkan dari gas alam atau hasil pengolahan lainnya yang disebut bensin alam.
3. Bensin yang dihasilkan dari perengkahan bagian-bagian minyak bumi yang lebih berat dari bensin biasa, dengan perengkahan ini maka jumlah bagian bensin yang dihasilkan minyak bumi dapat bertambah, bensin jenis ini disebut bensin rengkahan.

Syarat yang harus dipenuhi antara lain:

i. Mempunyai titik didih tertentu

Makin rendah titik didih awalnya menunjukkan bahwa dalam bensin banyak komponen

ringan karena terjadi kehilangan komponen pada saat penyimpanan yang disebabkan oleh penguapan, sedangkan jika titik didih awalnya tinggi berarti makin sukar terbakar pada permulaan dan sisa pembakaran akan mengencerkan minyak pelumas.

- ii. Angka oktan menunjukkan mutu bahan bakar bensin. Semakin tinggi angka oktan makin baik karena detonasi semakin berkurang sehingga pembakaran teratur. Angka oktan bensin menunjukkan % iso-oktan dalam campuran dengan n-heptana sehingga mempunyai sifat pembakaran yang sama.
- iii. Iso-oktan dianggap memiliki angka oktan 100 % dan dalam normal heptana memiliki angka oktan 0%. Angka oktan bensin umumnya berkisar antara 0% dan 100 %.
- iv. Kadar belerang rendah
Kadar belerang harus rendah agar tidak korosif.
- v. Stabil
Bensin harus stabil agar tidak terjadi perubahan komponen pada saat bensin disimpan dalam waktu lama. Komponen yang menyebabkan bensin tidak stabil adalah senyawa tidak jenuh karena senyawa ini mudah dioksidasi atau mengalami polimerisasi sehingga terjadi gum.
- vi. Warna dan bau khas
Warna dan bau yang khas pada bensin disebabkan oleh belerang dan senyawa tidak jenuh.

Untuk memenuhi persyaratan di atas maka bagian bensin hasil penyulingan harus dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan meningkatkan nilai oktan (proses reforming dan penambahan zat aditif TEL) dan mengurangi kadar belerang dengan menambahkan natrium plumbit Na_2PbO_2 (proses doktor).

(c). Minyak Tanah

Minyak tanah atau disebut juga kerosen (parafin) adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Ini diperoleh dari hasil destilasi bertingkat dari petroleum pada 150°C dan 275°C (rantai karbon $\text{C}_{12}\text{-C}_{15}$). Minyak tanah banyak digunakan untuk lampu minyak dan kompor, sekarang banyak digunakan sebagai bahan bakar mesin jet (Avtur, Jet-A, Jet-B, JP-4 atau JP-8). Kerosen dikenal sebagai RP-1 digunakan sebagai bahan bakar roket. Pada proses pembakarannya menggunakan oksigen cair.

Kerosene didestilasi langsung dari minyak mentah dan memerlukan pengendalian khusus dalam sebuah unit Merox atau hydrotreater untuk mengurangi kadar belerang dan perkaratan. Kerosene dapat juga diproduksi oleh hydrocracker, yang digunakan untuk meningkatkan bagian dari minyak mentah yang cocok untuk bahan bakar minyak.

Penggunaan minyak tanah untuk kepentingan dapur terbatas pada negara berkembang. Kerosen untuk bahan bakar jet spesifikasinya diperketat terutama titik asap dan titik beku. Kerosene digunakan untuk membasmi serangga seperti semut dan kecoa. Kadang-kadang digunakan juga sebagai campuran dalam cairan pembasmi serangga.

Minyak tanah sifatnya berada antara minyak gas dan bensin.

Sifat fisik minyak tanah :

Titik didih : 175-284 °C
berat jenis : 0,7-0,83

Minyak bumi biasanya mengandung 5-25% minyak tanah, sedangkan dalam minyak tanah mengandung senyawa-senyawa seperti parafin, naften, aromatik, dan senyawa belerang. Jumlah kandungan komponen senyawa dalam minyak tanah akan mempengaruhi sifat-sifat minyak tanah. Sifat-sifat yang harus dimiliki minyak tanah adalah : titik nyala, titik asap, kekentalan, kadar belerang, sifat pembakaran serta bau dan warna yang khas.

Proses pengolahan minyak tanah :

a. Pencucian dengan asam sulfat

Pada pengolahan minyak tanah dilakukan pencucian dengan asam sulfat, untuk mengetahui kadar belerang dan kandungan senyawa yang membentuk kerak pada sumbu serta warna. Proses ini dilakukan dengan cara penambahan asam sulfat sampai 5 X, setelah dipisahkan kemudian dicuci dengan soda dan air.

b. Proses Adeleanu

Proses ini pada prinsipnya hanya ekstraksi senyawa aromatik menggunakan belerang dioksida.

(d). Minyak Diesel

Minyak diesel termasuk minyak bakar (fuel oil). Termasuk minyak bakar adalah burner dalam industri dan turbin.

Jenis minyak diesel :

1. HSD (high speed diesel) yaitu jenis minyak diesel yang digunakan untuk mesin-mesin dengan putaran yang tinggi (± 1000 rpm).
2. LSD (low speed diesel) yaitu minyak diesel yang digunakan untuk mesin-mesin dengan putaran < 1000 rpm.

Sifat pembakaran minyak diesel dinyatakan oleh angka setan yang menyatakan persentase setan dalam campuran metil naftalena ($C_{11}H_{10}$), dengan nilai antara 1 dan 100, di mana angka 100 menunjukkan minyak diesel yang baik.

Persyaratan minyak diesel antara lain :

- i. titik nyala 100°-130°C/38° -55°C.
- ii. angka setan 40
- iii. kadar belerang maksimum 0,5%
- iv. karbon residu maksimum 0,5%.

(e). Minyak Pelumas

Minyak pelumas adalah bagian dari minyak bumi yang mempunyai titik didih lebih tinggi dari pada minyak gas. Tidak setiap minyak bumi mengandung minyak pelumas, terkadang rendah sekali sehingga sulit untuk diolah. Sifa-sifat minyak pelumas antara lain: kekentalan,

kestabilan, warna dan daya emulsi.

Proses pengolahan minyak pelumas:

- i. *De-aspalting* yaitu pemisahan komponen-komponen aspal dengan penambahan asam sulfat atau ekstraksi dengan pelarut propana.
- ii. *De-waxing* yaitu pemisahan wax yang menyebabkan titik didihnya rendah. Metode de-waxing dilakukan dengan cara mendinginkan campuran minyak pelumas dan pelarut, setelah wax membeku disaring dengan saringan kemudian ditekan pada suhu $<0^{\circ}\text{C}$.
- iii. *pengolahan secara kimiawi* yaitu untuk memisahkan komponen-komponen yang mempunyai indeks kekentalan rendah dengan ekstraksi menggunakan pelarut pulfural.
- iv. *Perkolasi* yaitu proses penyaringan dengan absorban misalnya fuller earth, untuk memperbaiki warna.

Tidak semua pelumas diproses menurut keempat cara di atas, tergantung pada sifat minyak pelumas kasarnya.

(f). Minyak Parafin Wax

Parafin wax adalah zat berwarna berbentuk kristal dan tidak berbau, dapat berbentuk padat atau setengah padat. Parafin tidak mudah bereaksi dengan senyawa kimia lain (inert), tetapi pada suhu tinggi sebagian kecil akan teroksidasi atau pecah (cracking), tidak larut dalam air dan alkohol tetapi larut dalam fraksi minyak bumi dan benzena. Parafin merupakan senyawa hidrokarbon tinggi yang jenuh (parafin). Pada proses penyulingan ikut tersuling setelah gas oil.

Parafin diperoleh dengan cara :

- a) Penyulingan.
Dilakukan dengan cara penyulingan kembali residu yang dihasilkan, untuk menghilangkan komponen aspal yang masih terkandung dalam wax agar wax tidak mengkristal.
- b) Pendinginan. Bagian wax didinginkan sampai wax mengkristal.
- c) Penyaringan. Kristal yang terbentuk disaring melalui saringan bertekanan pada suhu rendah.
- d) Sweating. Pencairan wax secara perlahan sehingga bagian dari minyak dapat terpisah.
- e) Perkolasi (penambahan asam sulfat). Penambahan asam sulfat untuk mendapatkan wax yang lebih jernih.

Wax yang dihasilkan digolongkan dalam beberapa jenis menurut titik cairnya yaitu : $45-52^{\circ}\text{C}$, $55-57^{\circ}\text{C}$ dan $63-66^{\circ}\text{C}$.

Kegunaan parafin antara lain :

- bahan dasar pembuatan lilin yang biasanya dicampur dengan lemak hewan.
- bahan pelapis tahan air
- bahan isolasi listrik.

