

MODUL KULIAH KIMIA PETROLEUM



Bayu Wiyantoko, M.Sc.



PROGRAM DIII ANALIS KIMIA FMIPA
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA 2016

BAB I

SEJARAH PEMBENTUKAN DAN PROSES INDUSTRI MINYAK BUMI

Petroleum berasal dari bahasa latin “*petra*” yaitu *rock* atau *stone* dan “*oleum*” yaitu *oil*. Istilah tersebut pertama kali digunakan pada tahun 1556 oleh ahli mineral (mineralogist) Jerman yaitu Georg Bauer atau dikenal sebagai Georgius Agricola. Petroleum terdiri atas bahan bakar cair, gas, dan padat (bitumen). Petroleum tersusun oleh karbon dan hidrogen yang merupakan komponen utama dari bumi purba berasal dari fase organik tanaman sel tunggal atau hewan sel tunggal plankton seperti ganggang biru-hijau dan foraminifera yang hidup di lingkungan akuatik. Organisme ini diketahui telah berlimpah keberadaannya sebelum zaman *paleozolic* yaitu 542 juta tahun lalu. Pembentukan petroleum melalui beberapa tahapan yaitu:

- a. Tahap pertama pembentukan petroleum didominasi oleh aktivitas biologis dan penyusunan kembali senyawa kimia yang mengkonevrsi bahan organik menjadi kerogen yaitu produk tidak larut hasil gubahan tanaman maupun hewan menggunakan bakteri. Pada tahap ini dihasilkan *biogenic methane* yaitu produk hasil proses dekomposisi bahan organik menggunakan mikroorganisme anaerob.
- b. Tahap kedua yaitu proses sedimentasi berkelanjutan dari kerogen dengan peningkatan temperatur dan proses geologis melalui degradasi termal dan perengkahan.

Kerogen merupakan senyawa organik kompleks padat yang terbentuk secara alami di batuan sedimen dan mayoritas tidak larut dalam pelarut organik. Kerogen merupakan material prekursor dalam rangkaian pembentukan petroleum untuk menghasilkan minyak melalui pemanasan. Penyusun utama kerogen adalah alga yang saat terperangkap dalam sedimen mengalami proses berkelanjutan menjadi sedimen (sedimentasi). Di dalam sedimen, proses modifikasi secara bertahap berlangsung yang mempengaruhi sifat fisikokimia dan biologis prekursor yaitu *compaction*, penurunan kandungan air, penghentian aktivitas bakteri, transformasi fase mineral dan peningkatan temperatur.

Industri petroleum secara modern dimulai pada akhir tahun 1850, yang mana masa pengilangan modern dimulai pada tahun 1862 dengan menggunakan metode distilasi. Pada awal proses pengilangan menghasilkan produk utama berupa kerosin dengan hasil samping berupa tar dan nafta. Seiring berkembangnya teknologi dan revolusi industri, kebutuhan terhadap bahan bakar kerosin semakin menurun karena penemuan listrik dan penemuan

mesin diesel. Sejarah perkembangan industri minyak bumi dari proses kimia dan fisika yang digunakan ditunjukkan Tabel 1.1

Tabel 1.1 Perkembangan Proses Kimia dan Fisika Industri Minyak Bumi

Tahun	Nama Proses	Tujuan	Hasil Samping
1862	Distilasi Atmosferik	Produksi kerosin	Nafta, residu perengkahan, tar
1870	Distilasi Vakum	Minyak pelumas	Aspal, residu
1913	Perengkahan Termal	Meningkatkan hasil <i>gasoline</i>	Residu, minyak bakar
1916	<i>Sweetening</i>	Mengurangi sulfur	Sulfur
1930	Thermal Reforming	Meningkatkan angka oktan	Residu
1932	Hidrogenasi	Menghilangkan sulfur	Sulfur
1932	<i>Coking</i>	Produksi <i>gasoline</i>	<i>Coke</i>
1933	Ekstraksi Pelarut	Meningkatkan indeks kekentalan minyak pelumas	Aromatik
1935	<i>Solvent Dewaxing</i>	Meningkatkan titik tuang	<i>Wax</i>
1935	Polimerisasi Katalitik	Meningkatkan angka oktan	Bahan baku petrokimia
1937	Perengkahan Katalitik	Angka oktan <i>gasoline</i> lebih tinggi	Bahan baku petrokimia
1939	<i>Visbreaking</i>	Mengurangi viskositas	Meningkatkan hasil distilat
1940	Alkilasi	Menaikkan angka oktan	Angka oktan bahan bakar pesawat terbang yang tinggi
1940	Isomerisasi	Produksi bahan baku alkilasi	Nafta
1942	<i>Fluid Catalytic Cracking</i>	Menaikkan hasil <i>gasoline</i>	Bahan baku petrokimia
1950	<i>Deasphalting</i>	Menaikkan bahan baku hasil perengkahan	Aspal
1952	<i>Catalytic Reforming</i>	Konversi nafta kualitas rendah	Aromatik
1954	Hidrodessulfurisasi	Menghilangkan sulfur	Sulfur
1956	<i>Inhibitor Sweetening</i>	Menghilangkan merkaptan	Disulfida dan sulfur
1957	Isomerisasi Katalitik	Konversi menjadi produk angka oktan tinggi	Bahan baku alkilasi
1960	<i>Hydrocracking</i>	Meningkatkan kualitas dan menghilangkan sulfur	Bahan baku alkilasi
1974	<i>Catalytic Dewaxing</i>	Meningkatkan titik tuang	<i>Wax</i>
1975	<i>Resid Hydrocracking</i>	Meningkatkan hasil <i>gasoline</i>	Residu perengkahan

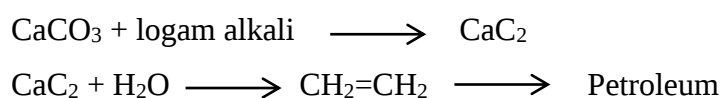
Menurut komponen penyusunnya, petroleum memiliki beberapa definisi yaitu:

- Campuran senyawa-senyawa hidrokarbon fasa gas, cair, dan padatan yang ada di cadangan batuan sedimen di seluruh dunia dan juga terkandung sejumlah kecil

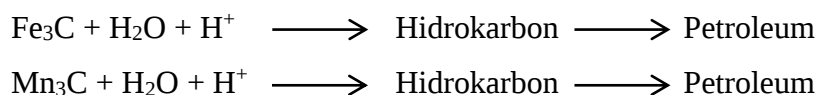
senyawa-senyawa nitrogen, oksigen, dan sulfur serta logam-logam (Speight, 2000; Hsu and Robinson, 2006; Ancheyta and Speight, 2007; Gary et al., 2007).

- b) Campuran senyawa-senyawa hidrokarbon yang terbentuk secara alami dan secara umum dalam fasa cair serta memiliki kandungan senyawa-senyawa sulfur, nitrogen, oksigen, logam dan lain-lain (ASTM D 4175).
- c) Campuran senyawa-senyawa dengan titik didih berbeda yang bisa dipisahkan menjadi berbagai macam fraksi berbeda melalui proses distilasi

Ada dua teori yang dikemukakan terkait pembentukan bahan bakar berbasis karbon yaitu teori *abiogenic* dan teori *biogenic*. Pada teori *abiogenic*, petroleum dibentuk oleh bahan-bahan anorganik contohnya asetilena sebagai bahan baku dari penyusun petroleum seperti yang dikemukakan 1866 oleh Berthelot.



Seperti yang terlihat pada reaksi tersebut pada tahapan awal kalsium karbida dibentuk oleh logam alkali dan karbonat untuk menghasilkan asetilena. Teori pembentukan asetilena sebagai bahan dasar petroleum juga dikemukakan oleh Mendelejeff yaitu melalui reaksi besi karbida maupun mangan karbida dengan asam encer ataupun air panas.



Untuk teori *biogenic*, 80% petroleum dibentuk melalui beragam proses yang mengkonversi bahan organik menjadi hidrokarbon yaitu *diagenesis*, *catagenesis*, dan *metagenesis*. Ketiga proses tersebut merupakan kombinasi aktiivitas bakteriologis dan reaksi temperatur rendah yang mengkonversi sumber bahan baku menjadi petroleum. Proses *diagenesis*, *catagenesis*, dan *metagenesis* sangat dipengaruhi oleh temperatur dimana pembentukan minyak terjadi pada 130°C (266°F) dilanjutkan pembentukan gas alam pada 180°C (356°F).

BAB II

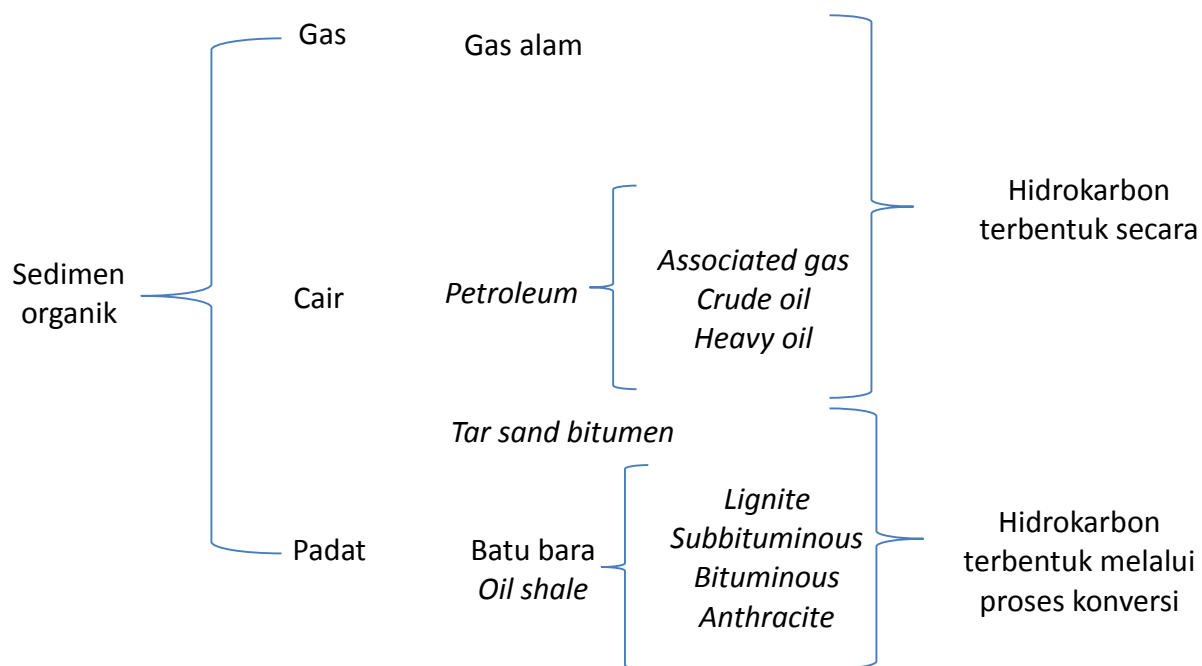
KOMPONEN PENYUSUN MINYAK BUMI

Minyak bumi mentah (*crude oil*) merupakan campuran kompleks beberapa hidrokarbon yang berbeda. Masing-masing minyak bumi memiliki sifat fisika, kimia, serta kenampakan yang berbeda antar lokasi. Secara fisik warna *crude oil* dari jernih hingga hitam. Secara kimia *crude oil* tersusun atas 84% C, 14% H, 1-3% S, dan kurang dari 1% N₂, O₂, logam dan garam. Minyak bumi dapat diklasifikasikan menurut beberapa parameter antara lain:

1. Menurut sumber hidrokarbon

Petroleum merupakan bahan bakar yang bersumber dari fosil dan lebih lanjut diklasifikasikan sebagai sumberdaya hidrokarbon. Sumberdaya energi yang berasal dari fosil dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu hidrokarbon yang terbentuk secara alami dan hidrokarbon terbentuk melalui proses konversi. Kedua jenis sumber hidrokarbon tersebut dapat digambarkan sebagai sebuah sedimen organik.

Sedimen organik fasa cair berupa petroleum dan fasa gas berupa gas alam dapat diklasifikasikan sebagai sumber hidrokarbon alami karena keduanya dapat dipisahkan dari komponen-komponen penyusun hidrokarbon tanpa adanya diberikan proses tertentu. Komponen-komponen penyusun yang dipisahkan dari petroleum dan gas alam adalah penyusun hidrokarbon yang berada di sumber (sumur). Hidrokarbon-hidrokarbon tersebut merupakan senyawa penyusun utama petroleum dan gas alam. Sedangkan batu bara (*coal*) dan kerogen harus melalui sebuah proses dekomposisi panas untuk menghasilkan hidrokarbon sehingga tidak terbentuk secara alami. Proses dekomposisi panas tersebut merupakan alasan *coal* dan *kerogen* dimasukkan sebagai kategori hidrokarbon.



Gambar 2.1 Klasifikasi sedimen organik di bumi menurut pembentukan dan produksi hidrokarbon

2. Menurut komponen komposisi kimia (jumlah dominan hidrokarbon)

Parafin merupakan golongan senyawa hidrokarbon yang memiliki struktur rantai lurus (normal) dan rantai bercabang (isomer). Fraksi ringan parafin tersusun oleh parafin rantai lurus yang ditemukan dalam fase gas dan wax parafin. Sementara parafin bercabang ada pada fraksi berat dengan angka oktan lebih tinggi dari n-parafin. Aromatik adalah hidrokarbon tak jenuh dengan bentuk cincin/siklik yang umumnya ditemukan pada *crude oil* fraksi berat. Bentuk paling sederhana adalah benzene, sedangkan naftalena merupakan gabungan dua cincin aromatik. Naftena adalah hidrokarbon jenuh yang mempunyai rumus umum C_nH_{2n} dalam bentuk siklik yang ditemukan pada semua fraksi *crude oil* kecuali fraksi sangat ringan. Senyawa naftena paling banyak ditemukan adalah cincin tunggal naftena C_5 dan C_6 .

Tabel 2.1 Komposisi fraksi pada 250 °C – 300 °C (480 °F – 570 °F)

Parafin (%)	Naftena (%)	Aromatik (%)	Wax (%)	Asphalt (%)	Klasifikasi
>46, <61	>22, <32	>12, <25	<10	<6	Parafin
>42, <45	>38, <39	>16, <20	<6	<6	Parafin-naftena
>15, <26	>61, <76	>8, <13	0	<6	Naftena
>27, <35	>36, <47	>26, <33	<1	<10	Parafin-naftena-aromatik
<8	>57, <78	>20, <25	<0.5	<20	Aromatik

Pada minyak mentah selain memiliki komposisi hidrokarbon yang dominan, ada komposisi non hidrokarbon yang melengkapi kandungan senyawa penyusunnya. Komponen non hidrokarbon penyusun minyak mentah antara lain senyawa sulfur, senyawa nitrogen, senyawa oksigen dan logam.

1) Senyawa Sulfur

Senyawa yang menyebabkan bau tidak sedap pada pengolahan minyak bumi, bersifat asam dan menyebabkan kerak logam serta membutuhkan oksidasi pada pengolahan minyak bumi. Jenis senyawa sulfur yang ada di minyak mentah meliputi:

- a) Hidrogen sulfida
- b) Karbon disulfida
- c) Merkaptan (R-SH)
- d) Dietil sulfida (non korosif)
- e) *Thiophenes*
- f) *Benzothiophenes*

Kandungan logam ketiga terbesar dan ada pada fraksi sedang dan berat dari *crude oil*.

2) Senyawa Nitrogen

Minyak mentah memiliki kandungan nitrogen sangat kecil (0.1 - 0.9%) dan relatif stabil pada temperatur cukup tinggi sehingga sulit terdekomposisi pada proses perengkahan sederhana. Senyawa nitrogen memberikan sifat basa pada minyak mentah, cenderung ada pada fraksi berat minyak bumi dan lebih banyak pada minyak mentah muda.

3) Senyawa Oksigen

Kandungan total senyawa oksigen pada minyak mentah sekitar 2% per berat. Keberadaan oksigen pada minyak bumi menjadi penting karena beberapa alasan yaitu:

- a) Titik didih fraksi naik dengan meningkatnya kandungan oksigen
- b) Oksigen berada dalam bentuk asam organik, karboksilat, atau fenolat pada fraksi ringan maupun sedang
- c) Metode ekstraksi atau teknik berdasarkan reaksi saponifikasi berguna untuk menghilangkan/menurunkan kandungan oksigen

4) Logam

Merupakan residu pembakaran minyak mentah yaitu berupa garam anorganik larut dalam air (klorida, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4).

Kelompok utama senyawa anorganik yang ada dalam minyak bumi antara lain:

- a. Zn, Ti, Ca, dan Mg

- Ada dalam bentuk sabun organologam
 - Logam dalam minyak mentah terikat dengan asam organik/karboksilat
 - Bersifat aktif permukaan
 - Terabsorpsi pada permukaan air
 - Fungsi sebagai penstabil emulsi
- b. Vanadium dan nikel (termasuk Fe dalam jumlah sangat kecil)
- Sangat stabil
 - Berada dalam kompleks nitrogen
 - Larut dalam minyak
 - Membentuk kompleks porfirin
- c. Karbondioksida (CO₂) merupakan hasil dekomposisi bikarbonat dalam *crude oil* atau pada alat *steam* dalam proses distilasi
- d. Asam naftenat merupakan asam organik yang bersifat korosif pada T = 450 °F

3. Menurut *United States Bureau of Mines*

Klasifikasi ini adalah yang paling banyak digunakan sekarang dengan *API gravity* fraksi kunci Nomor 1 dan Nomor 2 sebagai dasar pengklasifikasian atau boleh dikatakan menggunakan *distillation range*. Fraksi kunci Nomor 1 adalah fraksi minyak bumi yang mendidih pada temperatur 250 °C – 270 °C (480 °F – 520 °F) pada tekanan 1 atm, sedangkan fraksi kunci Nomor 2 mendidih pada temperatur 275 °C – 300 °C (525 °F – 570 °F) pada tekanan 40 mmHg. Kerosin masuk dalam fraksi kunci Nomor 1 dan minyak pelumas termasuk fraksi kunci Nomor 2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Minyak Bumi Menurut *United States Bureau of Mines*

Fraksi				Klasifikasi
250 °C – 270 °C (480 °F – 520 °F)		275 °C – 300 °C (525 °F – 570 °F)		
API gravity	Jenis	API gravity	Jenis	
>40	Parafin	>30	Parafin	Parafin
>40	Parafin	20.1 – 29.9	Intermediate	Parafin-intermediate
33.1 – 39.9	Intermediate	20.1 – 29.9	Parafin	Intermediate-parafin
33.1 – 39.9	Intermediate	20.1 – 29.9	Intermediate	Intermediate
33.1 – 39.9	Intermediate	<20	Naftena	Intermediate-naftena
<33	Naftena	20.1 – 29.9	Intermediate	Naften-intermediate
<33	Naftena	<20	Naftena	Naftena
>44	Parafin	<20	Naftena	Parafin-naftena
33	Naftena	>30	Parafin	Naftena-parafin

API gravity merupakan fungsi dari *specific gravity* yang mengikuti persamaan berikut:

$$\text{API} = \frac{141,5}{\text{Sp.gr } 60/60\text{F}} - 131,5$$

Specific gravity (sg) adalah massa jenis suatu zat yang dibandingkan dengan massa jenis air pada temperatur 60 °F yang dinyatakan dalam Sp gr 60/°F

4. Menurut UOP “K” faktor

Klasifikasi ini menggunakan *specific gravity* dan titik didih rata-rata fraksi petroleum sebagai dasar untuk membuat suatu indeks korelasi menurut persamaan berikut.

$$\text{C I} = 473.7 d - 456.8 + 48,640/K$$

K = titik didih rata-rata fraksi petroleum yang ditentukan oleh standar Bureau of Mines

d = *specific gravity*

C I (correlation index): 0 - 15 = dominan parafin dalam fraksi minyak

15 – 50 = dominan naftalena atau campuran parafin, naftalena, dan aromatik

> 50 = dominan aromatik

5. Menurut API (American Petroleum Institute) gravity atau berat jenis

Nilai API gravity yang semakin besar menunjukkan semakin ringan fraksi yang ada dalam *crude oil*. Jika jumlah atom karbon sedikit dan atom hidrogen lebih banyak serta nilai API gravity besar maka minyak mentah memiliki banyak kandungan parafin dan cenderung menghasilkan gasolin serta produk fraksi ringan. Sebaliknya jika jumlah atom karbon lebih besar dan atom hidrogen sedikit maka minyak mentah kaya akan senyawa aromatik.

Tabel 2.3 Klasifikasi Minyak Bumi Menurut API Gravity

Jenis minyak mentah	API gravity	Specific gravity
Ringan	>39	< 0,83
Ringan sedang	39 - 35	0,83 – 0,85
Berat sedang	35 – 32,1	0,85 – 0,865
Berat	32,1 – 24,8	0,865 – 0,905
Sangat berat	< 24,8	>0,905

6. Menurut distribusi karbon (*carbon distribution*)

Berguna untuk penentuan distribusi karbon dan mengetahui persentase karbon pada struktur aromatik (% C_A), struktur naften (% C_N), dan struktur parafin (% C_P). Menggunakan metode n-d-M dimana n = *refractive index*; d = *density*; M = *molecular weight*

Contoh : % C_A tinggi pada T_d = 500 °C (930 °F) menandakan kandungan *asphaltenes* yang tinggi pada residu.

% C_{NP} tinggi pada T_d = 500 °C (930 °F) menandakan residu *wax*

7. Menurut *viscosity-gravity constant* (VGC)

Bersamaan dengan faktor karakterisasi menurut UOP digunakan sebagai indikasi sifat parafin pada minyak mentah.

$$\text{VGC} = 10^d - 1.0752 \log \frac{(v-38)}{10} - \log (v-38)$$

d = *specific gravity* pada 60°/60 °F

v = *Saybolt viscosity* pada 39 °C (100 °F)

8. Menurut *pour point*

Titik tuang (*Pour Point*) adalah temperatur terendah dimana sampel minyak bumi masih bisa mengalir dengan sendirinya apabila didinginkan pada kondisi pemeriksaan (ASTM D97). Titik tuang menjadi faktor penting pada saat proses produksi terkait efisiensi energi untuk meningkatkan temperatur *reservoir* melebihi *pour point*

Contoh: *pour point* bitumen = 50 °C – 100 °C (122 °F–212 °F)

temperatur deposit = 4 °C–10 °C (39 °F–50 °F)

BAB III

PROSES PENGILANGAN MINYAK BUMI

Proses pengilangan (*refinery process*) merupakan pemisahan minyak bumi menjadi fraksi-fraksinya dan perlakuan tertentu untuk menghasilkan produk yang bisa dijual. Secara umum, minyak mentah saat pertama kali dikilang menghasilkan tiga kelompok dasar produk yaitu gas dan *gasoline*, nafta, dan residu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

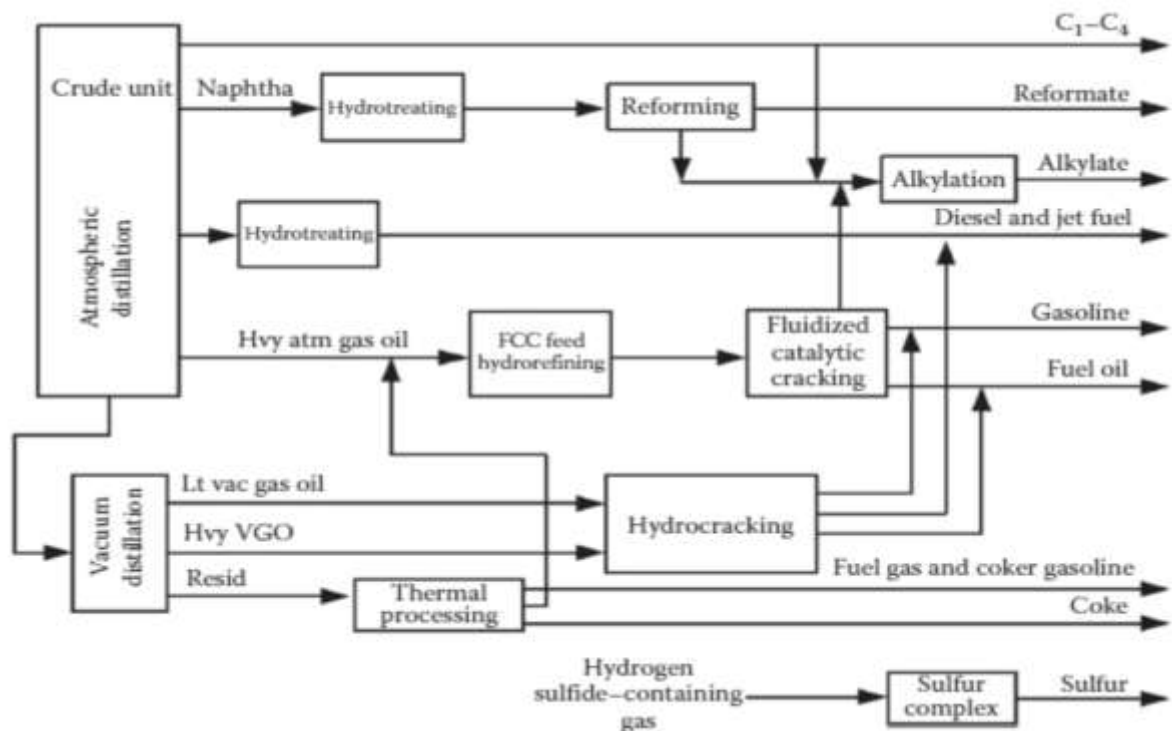
Tabel 3.1 Titik didih fraksi minyak bumi mentah

Fraksi	Kisaran titik didih	
	°C	°F
<i>Light naphta</i>	-1 – 150	30 – 300
<i>Gasoline</i>	-1 – 180	30 – 355
<i>Heavy naphta</i>	150 – 205	300 – 400
<i>Kerosene</i>	205 – 260	400 – 500
<i>Light gas oil</i>	260 – 315	400 – 600
<i>Heavy gas oil</i>	315 – 425	600 – 800
<i>Lubricating oil</i>	>400	>750
<i>Vacuum gas oil</i>	425 – 600	800 – 1000
<i>Residuum</i>	>510	>950

Pada awal abad 20, proses pengilangan mulai dikembangkan untuk mengekstraksi kerosin sebagai bahan bakar lampu serta pemurnian, stabilitas, dan meningkatkan kualitas kerosin. Pada tahun awal tersebut, proses pengilangan masih menggunakan proses distilasi yang sederhana. Seiring perkembangan teknologi, proses pengilangan minyak mentah tidak hanya terbatas pada kerosin dan proses distilasi, namun mulai menggunakan proses yang rumit dan hasil yang produk yang lebih bervariasi. Produk-produk dengan titik didih rendah seperti bensin, solar, dan bahan *intermediate* yang digunakan pada proses industri yang lain mulai dihasilkan dalam skala yang besar. Proses pengilangan (*refining process*) adalah rangkaian proses fisika maupun kimia untuk meningkatkan nilai ekonomis minyak bumi mentah (*crude oil*). Proses pengilangan minyak mentah memiliki fungsi umum yaitu:

- Pemisahan beragam jenis hidrokarbon yang ada di minyak mentah (*crude oil*) menjadi fraksi-fraksi yang sifatnya saling berkaitan
- Konversi secara kimia hidrokarbon yang terpisah menjadi produk-produk reaksi yang lebih diinginkan

- Pemurnian produk-produk dari elemen dan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan



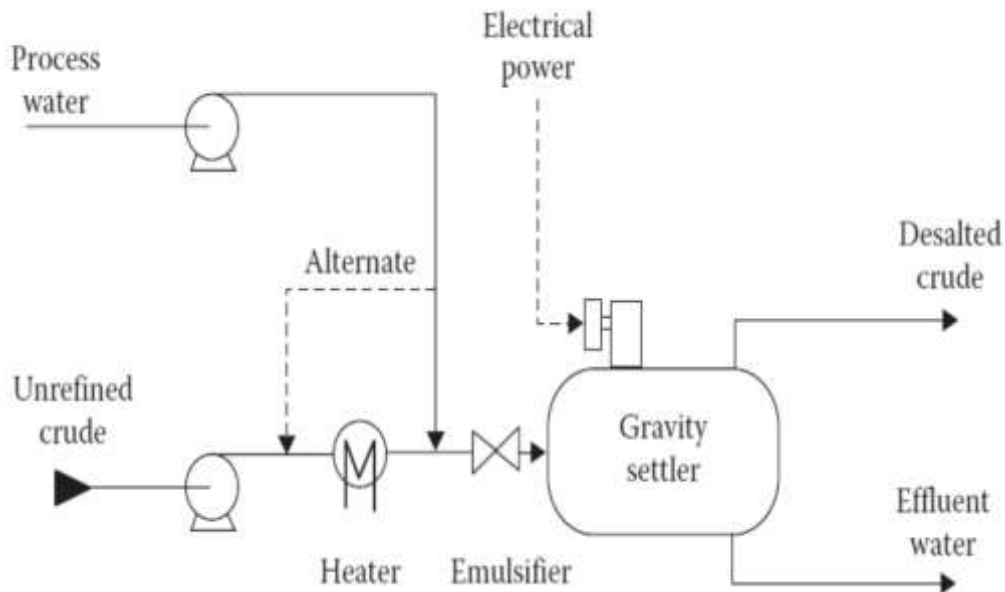
Gambar 3.1 Skema Refinery

Proses dasar dari pengilangan minyak bumi terdiri atas empat tahapan utama yaitu:

- Pemisahan meliputi fraksinasi dan destilasi
- Treatment meliputi *desalting*, *dewatering*, *drying*, *hydrodesulfurizing*, *sweetening*, dan *solvent extraction*
- Konversi meliputi dekomposisi, unifikasi (alkilasi dan polimerisasi) dan alterasi (*rearrangement*)
- Formulasi dan blending meliputi *additive mixing* dan *finishing*

DESALTING dan DEWATERING

Sebelum memulai untuk proses pemisahan minyak mentah menjadi beragam fraksi-fraksi produknya, maka minyak mentah perlu dibersihkan terlebih dahulu. Proses ini biasa disebut sebagai *desalting* dan *dewatering* yang berfungsi untuk menghilangkan air dan komponen-komponen air laut yang bercampur dengan minyak mentah selama proses *recovery*.



Gambar 3.2 Unit Desalting

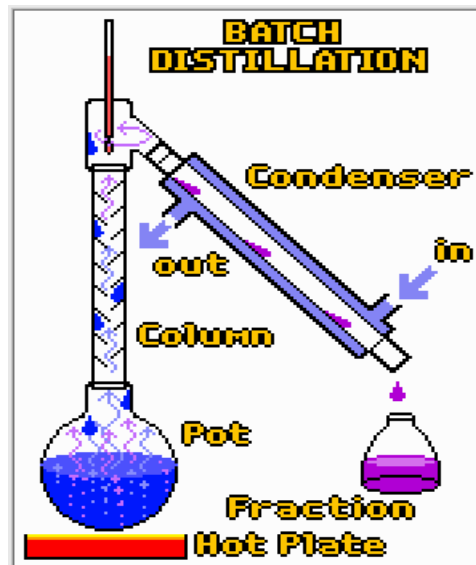
Minyak bumi diperoleh dari sumber-sumber minyak yang bercampur dengan beragam senyawa seperti gas, air, dan kotoran (mineral). Jadi proses pengilangan dimulai dengan produksi minyak dari sumbernya yang bersamaan dengan proses pra perlakuan baik itu berlangsung di kilang maupun pada saat pemindahan. *Desalting process* adalah proses di tempat produksi maupun di pengilangan sebagai proses tambahan pada minyak mentah untuk menghilangkan mineral-mineral terlarut air. Kontaminan ini harus dihilangkan dari minyak mentah karena dapat mengganggu selama proses pengilangan seperti korosi pada peralatan dan deaktivasi katalis.

DISTILASI

Pada awal perkembangan proses pengilangan minyak bumi yang menghasilkan produk utama adalah minyak pelumas, distilasi merupakan proses utama dan satu-satunya yang digunakan saat itu. Seiring dengan peningkatan permintaan *gasoline*, proses konversi mulai berkembang karena distilasi tidak mampu lagi untuk memenuhi kebutuhan produk volatil tersebut. Proses distilasi masih tetap diperlukan untuk pemisahan produk namun pada kondisi operasi yang normal. Definisi dari distilasi adalah penjenuhan komponen lebih volatil (*more volatile component/mvc*) dari suatu campuran. Pada distilasi sederhana, pengkayaan mvc dapat dicapai dengan penguapan campuran yang dilanjutkan dengan kondensasi mvc. Penguapan campuran dapat dicapai dengan pemanasan biasa atau melalui penurunan tekanan. Berdasarkan tekniknya, distilasi dibagi menjadi dua jenis yaitu:

a. Batch distillation

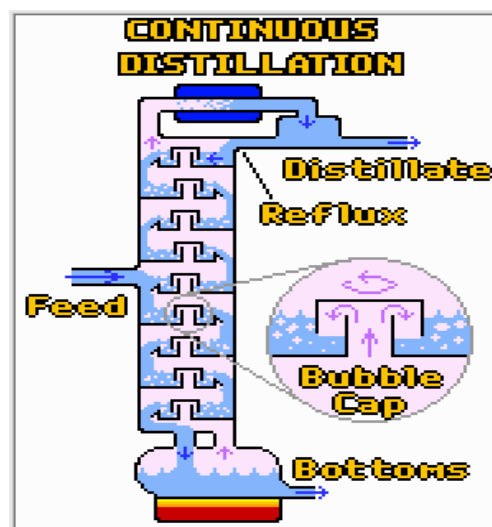
Prinsipnya adalah uap mengalami kesetimbangan fasa gas-cair pada saat campuran dipanaskan dan mengalami kondensasi menghasilkan kondensat. *Batch distillation* memiliki kelemahan antara lain proses lama dan sangat terbatas volume umpan (feed) yang digunakan. Pada industri minyak bumi, teknik ini digantikan oleh *continuous distillation*.



Gambar 3.3 Distilasi Batch

b. Continuous distillation

Prinsipnya adalah umpan dialirkan secara terus menerus ke dalam *tray* / mangkok / lempengan distilasi sehingga pada sistem ini terdapat uap cairan bawah / *bottom* dan terjadi kesetimbangan antara uap, aliran dan *bottom*. Kesetimbangan berlangsung terus menerus pada beberapa *stage tray* sehingga dihasilkan distilat yang memiliki kemurnian lebih tinggi dan proses yang berlangsung terus menerus.

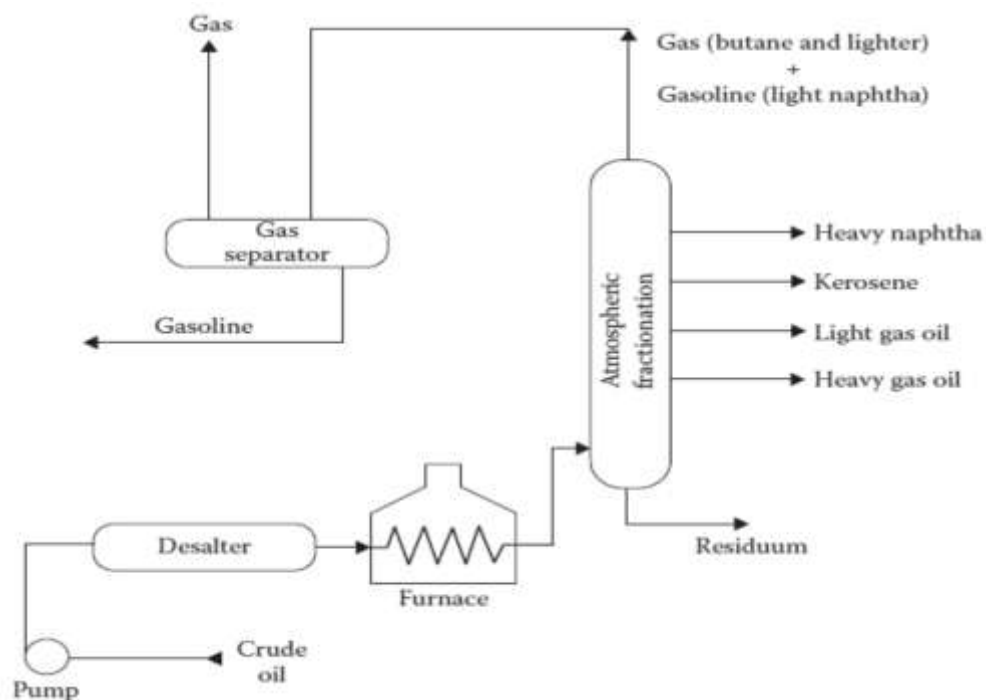


Gambar 3.4 Distilasi Kontinyu

Selain menggunakan pemanasan biasa, penguapan campuran dapat dicapai dengan penurunan tekanan yang diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Distilasi Atmosferik

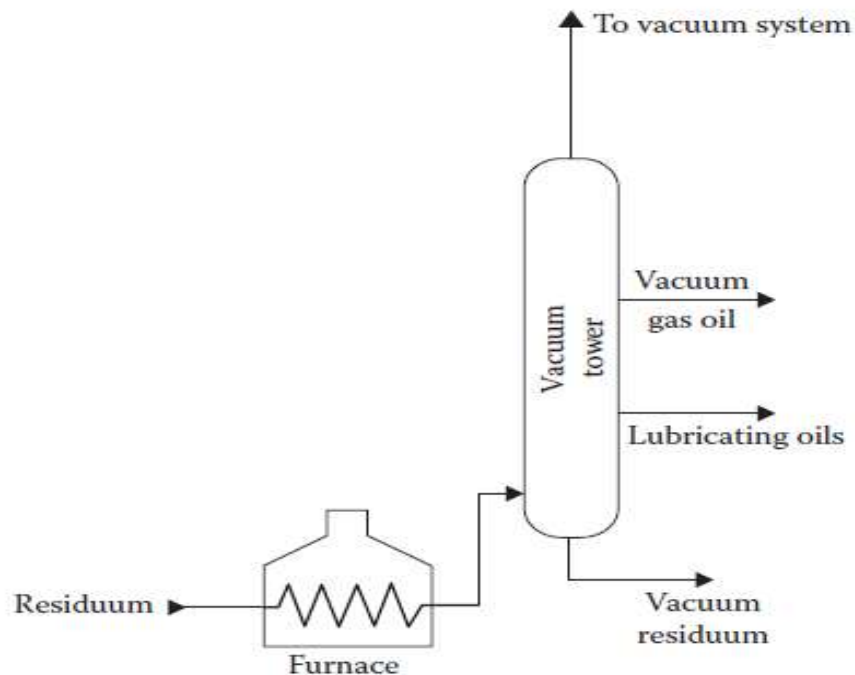
Umpan dialirkan ke dalam pemanas dengan sistem distilasi kontinyu pada temperatur 650 – 700 °F dan tekanan atmosfer. Proses ini berlaku untuk minyak fraksi berat atau residu aspal. Pada temperature tinggi data menghasilkan minyak pelumas, minyak bakar, *gasoline*, dan fraksi tak terkondensasi. Pemisahan produk menggunakan *fractionating tower* yang terbuat dari silinder baja setinggi 120 kaki tersusun atas *tray*/mangkok/lempengan horizontal yang berfungsi memisahkan dan mengumpulkan distilat.



Gambar 3.5 Unit Distilasi Atmosferik

b. Distilasi Vakum

Teknik ini dibutuhkan karena kebutuhan pemisahan produk kurang volatil seperti minyak pelumas dari minyak bumi tanpa perlu melalui kondisi perengkahan. Titik didih dari fraksi terberat yang diperoleh pada tekanan atmosfer dibatasi pada temperatur 350 °C atau 660 °F dimana residu mulai mengalami dekomposisi atau perengkahan. Ketika umpan diperlukan untuk pembuatan minyak pelumas, fraksinasi lebih lanjut tanpa perengkahan lebih disukai dan bisa dicapai melalui distilasi vakum. Tekanan 50 – 100 mmHg dibandingkan tekanan distilasi atmosferik yaitu 760 mmHg. Diameter tower lebih besar daripada unit atmosferik yaitu 14 m.



Gambar 3.6 Unit Distilasi Vakum

c. Distilasi Azeotrop dan Distilasi Ekstraktif

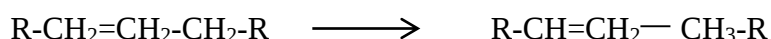
Semua senyawa memiliki titik didih tertentu namun campuran bahan yang secara kimia tidak mirip terkadang menyebabkan satu atau lebih komponen mendidih pada temperatur yang tidak diinginkan. Suatu campuran yang memiliki titik didih di bawah titik didih komponen penyusunnya disebut campuran azeotrop. Proses ini untuk mengakomodasi kebutuhan produk-produk minyak bumi yang spesifik. Teknik ini digunakan untuk pemisahan dua komponen yang memiliki perbedaan volatilitas sangat kecil dengan penambahan “*entrainer*” yaitu komponen yang dapat membentuk azeotrop dengan azeotrop lain. *Entrainer* yang digunakan lebih disukai jika murah, stabil, tidak beracun, dan bisa dipisahkan dari komponen setiap saat.

PERENGKAHAN (*CRACKING*)

Metode perengkahan mulai digunakan secara komersial pada produksi minyak dari batu bara sebelum mulainya industri minyak bumi. Distilasi perengkahan adalah suatu metode untuk memproduksi produk-produk dengan titik didih rendah (seperti kerosin) dari bahan non volatil. Metode perengkahan dibagi menjadi dua jenis yaitu perengkahan termal dan perengkahan katalitik. Kedua metode ini memiliki perbedaan yang nyata yaitu pada mekanisme perengkahan, energy yang dibutuhkan serta selektifitas produk yang besar.

a. Perengkahan Termal (*thermal cracking*)

Thermal cracking merupakan dekomposisi termal di bawah tekanan suatu senyawa atau campuran senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil. Metode *thermal cracking* dikembangkan awal tahun 1900 untuk produksi gasolin dari fraksi berat hasil proses distilasi. Perengkahan termal merupakan awal pengembangan dari *cracking distillation* (distilasi perengkahan) yaitu metode/cara produksi produk minyak bobot molekul rendah (kerosin) dari bahan non volatil fraksi berat yang digunakan secara komersial untuk produksi minyak dari batu bara. Mekanisme yang berlangsung adalah pemutusan ikatan C-C homolitik dan reaksi bersifat irreversible endotermis. Perengkahan termal dari molekul parafin akan menghasilkan rantai dengan ukuran molekul yang lebih rendah dan umumnya masuk pada golongan parafin dan olefin.



Metode ini menggunakan temperatur operasi pada 455 – 540 °C (850 – 1005 °F) pada tekanan 100 – 1000 psi. Pada kondisi reaksi yang sama akan terjadi pemutusan ikatan C-C, dehidrogenasi, isomerisasi dan polimerisasi, namun reaksi perengkahan termal tetap menjadi yang utama. Reaksi pemutusan ikatan C-C dari molekul parafin akan menghasilkan molekul yang lebih ringan jenis parafin dan olefin, dimana olefin juga akan dihasilkan dari proses dehidrogenasi reversibel dari parafin.

b. Perengkahan Katalitik (*catalytic cracking*)

Metode perengkahan termal mampu memproduksi hampir 50% dari total bahan bakar *gasoline* dengan angka oktan 70 dibandingkan dengan hasil produksi distilasi yaitu sebesar 60. Perkembangan mesin kendaraan yang semakin canggih membutuhkan inovasi teknologi terkait peningkatan angka oktan *gasoline*. Perengkahan termal memerlukan energy yang sangat besar dan selektifitasnya masih rendah sehingga diperlukan keberadaan katalis dalam proses perengkahan. Katalis yang digunakan dalam proses perengkahan umumnya adalah katalis heterogen atau padatan yang memiliki luas permukaan besar dan tingkat keasaman yang tinggi serta stabilitas termal yang baik. Material padatan yang digunakan sebagai katalis antara lain zeolit, *clay*, silika alumina, aluminium oksida dan γ -alumina. Mekanisme proses perengkahannya adalah pembentukan muatan elektrik suatu molekul yang disebabkan oleh kesamaan padatan katalis.

Tabel 3.2 Proses perengkahan katalitik

Reaktan	Reaksi	Produk
Alkana	Cracking →	Alkana + Alkena
	Cracking →	LPG alkena
	Cyclization →	Nafta
	Isomerization →	Alkena bercabang
	H transfer →	Alkana
	Cyclization →	Coke
	Condensation Hydrogenation	
Alkena		Alkana bercabang
Naften	Cracking →	Alkena
	Dehydrogenation →	Sikloalkena
	Isomerization →	Naften dengan cincin-cincin berbeda
	Rantai samping Cracking →	Aromatik tak tersubstitusi + Alkena
	Transalkylation →	Alkilaromatik berbeda
	Dehydrogenation →	Poliaromatik
	Condensation	
Aromatik		
	Alkylation →	Coke
	Dehydrogenation Condensation	

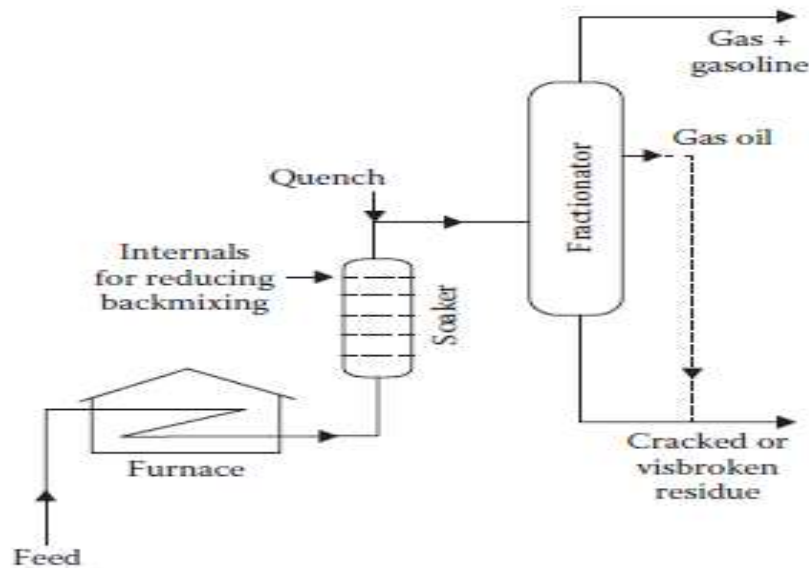
Keuntungan perengkahan katalitik antara lain:

- Menghasilkan produk gasolin dengan angka oktan lebih tinggi
- Produk gasolin perengkahan katalitik terdiri atas banyak isoparafin dan senyawa aromatik yang memiliki angka oktan tinggi dan stabilitas kimia yang lebih besar dari mono-olefin dan di-olefin yang ada pada sebagian besar produk gasolin perengkahan termal
- Mayoritas propana dan butana, lebih sedikit metana, etana, dan etilena
- Kandungan sulfur yang lebih rendah
- Menghasilkan lebih sedikit residu (tar) dan lebih banyak *gas oil* dibandingkan perengkahan termal

VISBREAKING (*VISCOCITY BREAKING*)

Metode ini digunakan untuk mengurangi viskositas residu agar produknya memenuhi spesifikasi bahan bakar minyak (fuel oil). Alternatifnya residu dicampurkan dengan produk minyak BM lebih rendah untuk menghasilkan BBM dengan viskositas yang sesuai. Proses konversi bukan tujuan utama. Residu minyak bumi dipanaskan dalam furnace pada $T = 470 -$

495 °C (880 - 920 °F) dengan tekanan luar 50 - 200 psi. Menghasilkan gasolin kualitas rendah dan tar.



Gambar 3.7 Soaker Visbreaker

HYDROPROCESSING

Penggunaan hydrogen dalam proses termal mungkin menjadi salah satu faktor kemajuan signifikan dalam teknologi perengkahan selama abad 20. Prinsip metode ini adalah keberadaan H_2 selama reaksi termal bahan baku minyak bumi akan menghilangkan banyak reaksi pembentukan *coke* dan memperbesar hasil komponen bobot molekul rendah seperti gasolin, kerosin, dan bahan bakar jet. Proses hidrogenasi untuk konversi fraksi minyak bumi dan produk minyak bumi dapat diklasifikasikan metode destruktif dan non destruktif.

- a. **Hidrogenasi destruktif (hidrogenolisis/hydrocracking)** melalui konversi fraksi bobot molekul besar menjadi produk dengan titik didih rendah disertai pemecahan molekul dan tekanan hidrogen yang tinggi untuk meminimalkan polimerisasi dan kondensasi sebagai inisiator pembentukan *coke*.
- b. **Hidrogenasi non destruktif (hydrotreating)** adalah penambahan hidrogen (adisi hidrogen) tanpa pemecahan molekul. Umumnya berlangsung dengan katalis Ni, Pd, Pt, Co, dan Fe. Nitrogen, sulfur, dan oksigen masing-masing mengalami reaksi bersama dengan hidrogen untuk menghilangkan amoniak, hidrogen sulfida, dan air. Senyawa yang tidak stabil yang dapat memicu pembentukan gum atau bahan tidak larut dikonversi menjadi senyawa lebih stabil.

Hydrotreating Katalitik

Proses hidrogenasi lunak untuk menghilangkan kontaminan hidrokarbon seperti nitrogen, sulfur, oksigen, dan logam dari fraksi minyak bumi. Metode ini memiliki tingkat keberhasilan penghilangan pengotor mencapai 90%. Umumnya metode ini dilakukan sebelum reforming katalitik. Proses ini juga untuk mengkonversi olefin dan senyawa aromatik menjadi senyawa jenuh. Salah satu contoh prosesnya adalah hidrodeshulfurisasi yaitu proses katalitik untuk menghilangkan sulfur. Proses hidrodeshulfurisasi adalah umpan dideaerasi dan dicampur dengan H_2 pada pemanasan awal 600-800 °F dan dialirkan pada tekanan lebih dari 1000 psi melalui *fixed bed catalytic reactor* sulfur dan nitrogen menjadi H_2S dan NH_3 . Produk yang dihasilkan dipisahkan oleh *liquid/gas separator*.

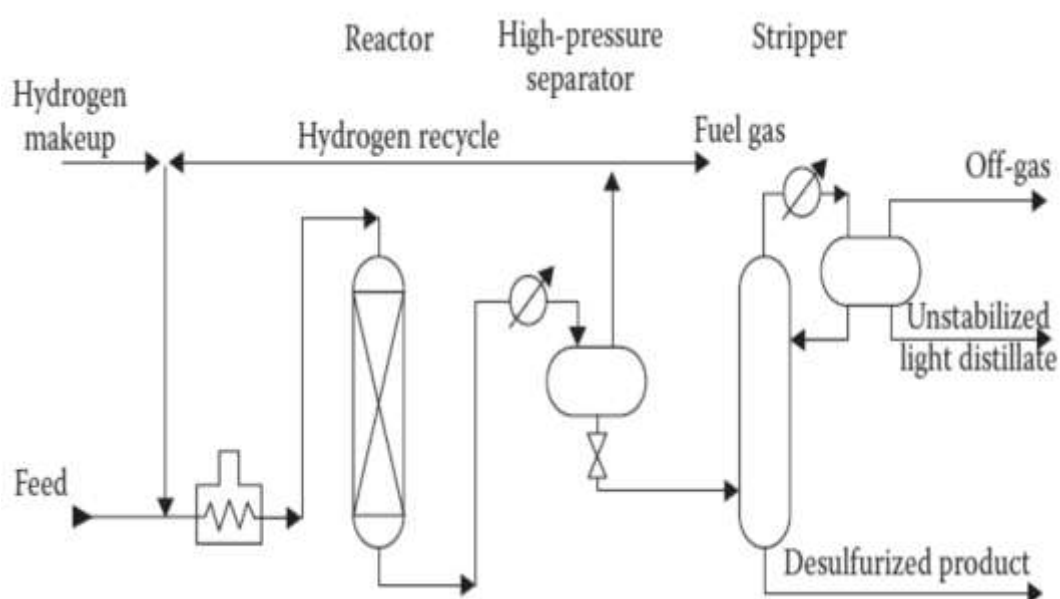
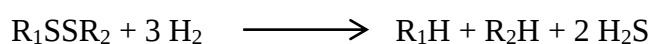
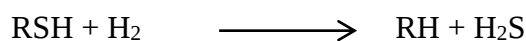
Desulfurisasi Hidrokatalitik

Proses pengurangan sulfur dalam produk minyak bumi secara hidrogenasi katalitik.

Proses ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu

- Proses menggunakan gas hidrogen ekstra (bukan hasil reaksi)
- Proses menggunakan hidrogen yang dihasilkan dari proses itu sendiri

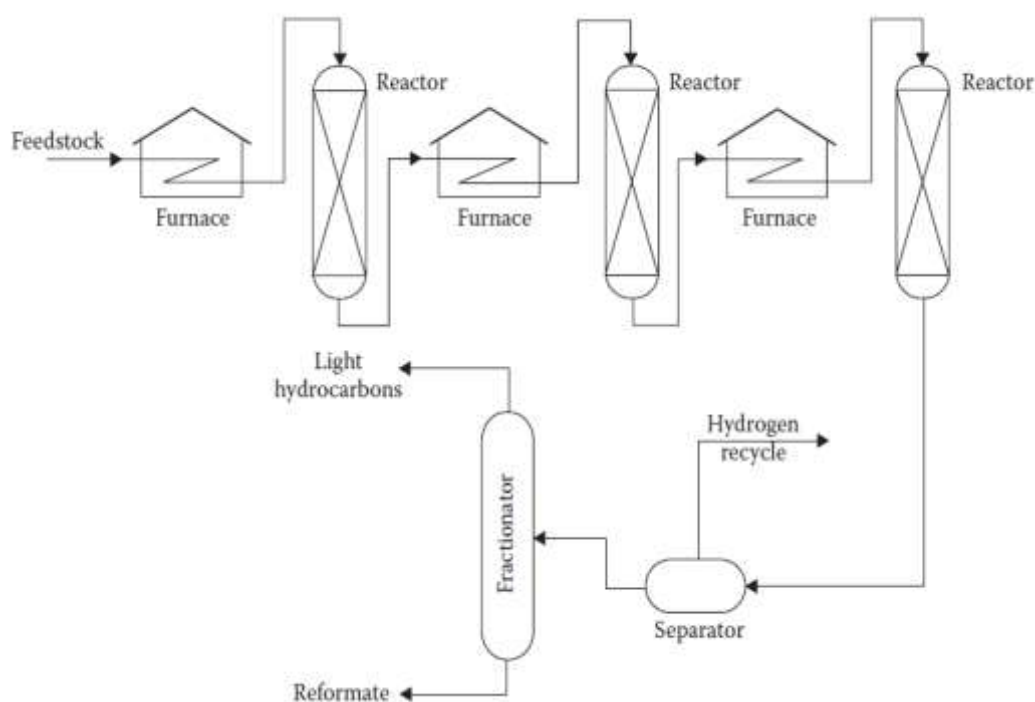
Reaksi utama pada proses desulfurisasi hidrokatalitik adalah mengeliminasi sulfur (H_2S). Secara umum reaksi diikuti dengan pembentukan merkaptan, sulfida, disulfida, tifena, benztiofena



Gambar 3.8 Proses Hidrodeshulfurisasi

REFORMING

Latar belakang dari metode ini adalah kebutuhan akan metode dan alat untuk meningkatkan angka oktan fraksi minyak bumi pada jangkauan titik didih gasolin. Proses penting untuk mengkonversi nafta dengan angka oktan rendah menjadi bahan produk campuran dengan angka oktan tinggi reformat. *Thermal reforming* adalah proses pengembangan dari proses perengkahan termal. *Thermal Cracking* adalah konversi minyak bumi fraksi berat menjadi *gasoline*, sedangkan *thermal reforming* adalah konversi (membentuk kembali) *gasoline* menjadi *gasoline* dengan angka oktan lebih tinggi dengan peralatan yang sama dengan thermal cracking tapi temperaturnya lebih tinggi. Produk *thermal reforming* berupa gas, gasolin, minyak residu (*residual oil*). Produk gasolin hasil *thermal reforming* disebut sebagai reformat. Jumlah dan kualitas reformat dipengaruhi oleh temperatur operasi yang digunakan pada proses *thermal reforming*. Temperatur reforming yang tinggi akan menghasilkan produk *gasoline* dengan angka oktan yang tinggi namun jumlah reformat yang dihasilkan menurun.



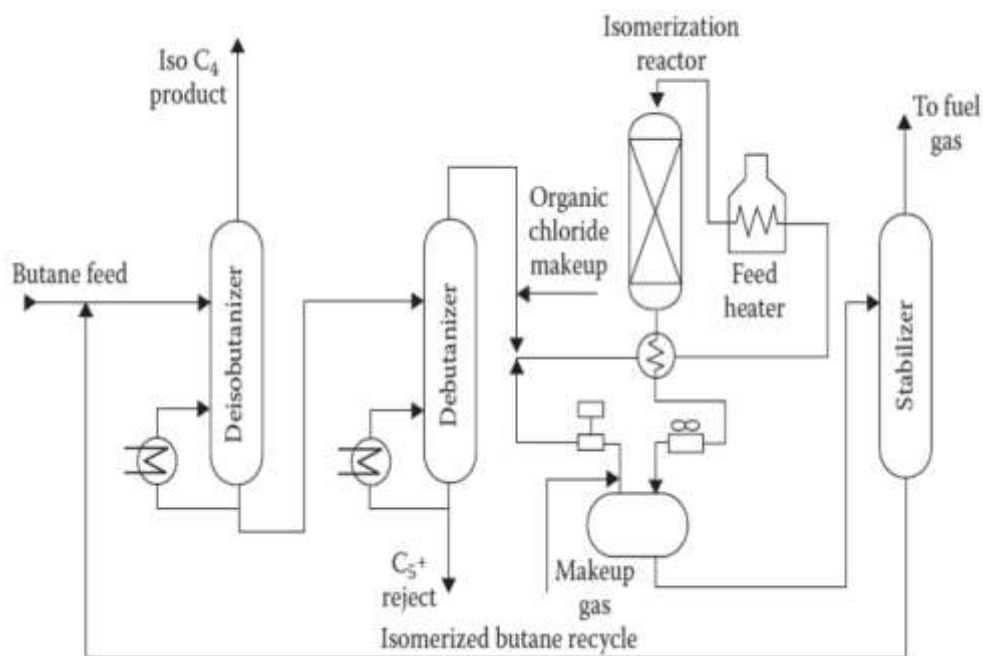
Gambar 3.9 Proses Catalytic Reforming

Reforming meliputi beberapa proses spesifik seperti reaksi *cracking*, polimerisasi, dehidrogenasi, isomerisasi dan alkilasi. Reforming sangat ditentukan oleh sifat fisik umpan (*feed*) nafta berdasarkan kandungan parafin, olefin, naftena, dan aromatic. Pada proses lanjutan, reformat dapat menghasilkan produk intermediate yang memiliki konsentrasi tinggi

seperti toluena, benzena, xilena, dan senyawa aromatik lainnya yang sangat penting dalam pemrosesan *gasoline*.

ISOMERISASI

Isomerisasi adalah salah satu proses untuk menaikkan angka oktan produk minyak bumi. Pada proses ini diperlukan kehadiran katalis seperti AlCl_3 diaktivasi HCl dan katalis padat mengandung platina. Proses ini sangat penting untuk menghambat reaksi samping seperti perengkahan (*cracking*) dan pembentukan olefin. Prinsip dasar proses isomerisasi adalah kontak hidrokarbon dengan katalis di bawah tekanan sehingga menghasilkan reaksi yang berada pada kesetimbangan.



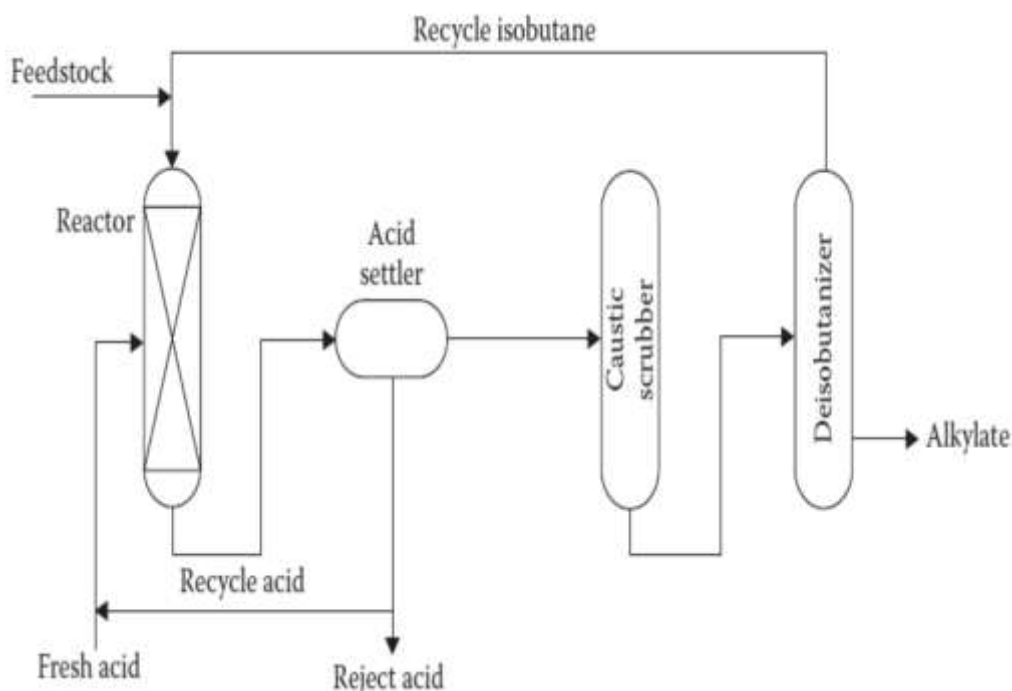
Gambar 3.10 Proses isomerisasi C₄

Isomerisasi yang paling umum adalah konversi n-butana menjadi isobutana yang dapat dialkylasi menjadi hidrokarbon cair pada titik didih gasoline serta konversi parafin menjadi isoparafin.

Alkilasi

Alkilasi dalam proses industri minyak bumi adalah salah satu proses untuk meningkatkan angka oktan produk minyak bumi. Proses ini mengkombinasikan olefin dan parafin untuk menghasilkan iso parafin dengan bobot molekul besar. Proses ini diperlukan untuk mengkonversi olefin menjadi isoparafin dengan angka oktan tinggi. Pada proses komersial menggunakan katalis AlCl_3 , asam sulfat, atau HF karena menggunakan temperatur

rendah dan meminimalkan reaksi samping seperti polimerisasi olefin. Reaksi yang terkenal adalah reaksi antara isobutana dengan olefin menggunakan katalis AlCl_3 . Selain itu juga ada reaksi antara isobutana dengan olefin menggunakan katalis asam sulfat atau asam flourida.



Gambar 3.11 Proses Alkilasi dengan Asam Sulfat

Produk proses alkilasi disebut dengan alkilat yang tersusun atas campuran isoparafin dengan angka oktan bervariasi. Urutan angka oktan alkilat yaitu butilena > pentilena > propilena dimana angka oktan alkilat > 87.

Alkilasi dengan katalis H_2SO_4

Umpan (feed) bisa berupa propilena, butilena, amilena dan isobutana dikontakkan dengan H_2SO_4 jenuh dengan konsentrasi 85-95%. Efluen (keluaran) dari reaktor dibagi menjadi dua fase yaitu fase pengendap hidrokarbon dan fase asam. Hidrokarbon dicuci menggunakan kaustik untuk menghilangkan asam. Selanjutnya isobutana dan propana dihilangkan melalui unit *disobutanizer* dan *depropanizer*.

POLIMERISASI

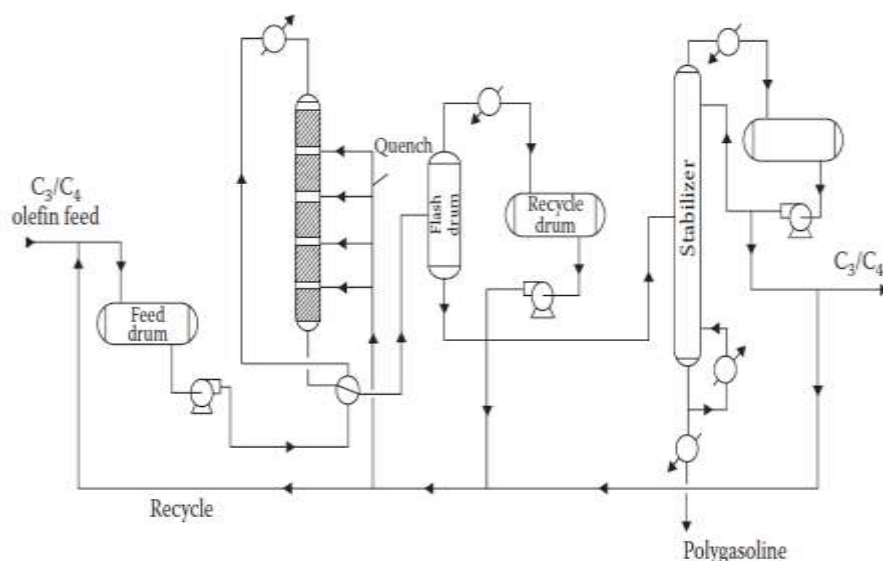
Proses ini pada industri petroleum bertujuan untuk mengkonversi gas olefin (etilena, propilena, dan butilena) menjadi senyawa hidrokarbon dengan bobot molekul dan angka oktan tinggi. Umpan yang digunakan biasanya terdiri dari propilena dan butilena dari proses perengkahan atau olefin untuk produksi dimer, trimer atau tetramer. Proses ini dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Polimerisasi termal

Proses polimerisasi dilakukan pada tekanan tinggi tanpa katalisator yaitu pada tekanan 600-3000 psi dan temperatur 510-590 °C. Proses ini mahal serta memerlukan instalasi dan operasional yang lebih rumit dibandingkan polimerisasi katalitik

b. Polimerisasi katalitik

Proses ini menggunakan katalis H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Mekanisme yang ditempuh melalui pembentukan ester asam dari reaksi olefin dengan katalis asam. Dua molekul ester terdekomposisi sehingga akan terjadi regenerasi katalis asam, sedangkan residu hidrokarbon bergabung membentuk molekul yang lebih besar/polimer.



Gambar 3.12 Proses polimerisasi

HIDROFINING

Hidrofining adalah proses stabilisasi komponen minyak dengan reaksi hidrogenasi katalitik ringan. Penghilangan kandungan oksigen pada senyawa dalam minyak bumi melalui pembentukan air. Proses ini dapat menghilangkan sulfur hingga 50%, hampir semua oksigen dalam produk minyak bumi, namun efisiensinya sedikit untuk mengurangi nitrogen. Kondisi tersebut sangat bergantung pada komposisi hidrokarbon dalam minyak bumi atau produknya. Hidrofining merupakan proses secara katalitik namun peralatan yang digunakan sederhana. Prinsip metode ini adalah produk minyak bumi dipanaskan dalam furnace kemudian produk dialirkan melalui separator sehingga produk berupa gas dapat terpisah dengan minyak atau produk minyak bumi. Reaksi dilakukan pada temperatur 200 – 425 °C dengan kecepatan alir yang tinggi menggunakan katalis logam golongan VIII dan VIB yang diimbakan pada alumina.

BAB IV

PROSES FINISHING

Proses finishing bertujuan untuk menghilangkan senyawa atau material yang tidak diinginkan dalam produk minyak bumi. Jenis proses finishing antara lain:

1. Penghilangan gas
Hidrogen sulfida, karbondioksida, karbonil sulfida, merkaptan alifatik rendah, fenol dan aril merkaptan, asam lemak, asam naftenat
 - Sulfur bersifat toksik, berbau tidak enak, dan korosif.
 - Proses penghilangan H_2S melalui pencucian kaustik yang dibarengi oleh proses lanjutan disebut proses girbotol.
2. Penghilangan bau
3. Peningkatan stabilitas penyimpanan
4. Peningkatan performa
5. Penghilangan air dan material partikulat

Proses perlakuan (*treating process*)

- Menghilangkan kontaminan organik seperti senyawa mengandung sulfur, nitrogen, oksigen garam-garam anorganik dan garam larut melalui pelarutan ke dalam air teremulsi dari suatu fraksi minyak bumi.
- Proses akhir/finishing produksi distilat, gasolin, kerosin, bahan bakar jet.
- Proses ini dilakukan juga pada tahap (stage) intermediate untuk menghilangkan impuritis proses produksi minyak bumi.
- Pada proses ini menggunakan asam, pelarut, alkalis pengoksidan, dan pengadsorpsi.

Perlakuan dengan Asam

- Menggunakan pelarut asam sulfat
- Alasannya karena dapat menurunkan konsentrasi yang sangat besar terhadap hidrokarbon tak jenuh, sulfur, nitrogen, oksigen, resin, serta senyawa aspalten

Perlakuan dengan Lempung (*clay*)

- Menggunakan pengadsorpsi
- Fungsi utamanya untuk menghilangkan senyawa aspaltik yang dapat menyebabkan penurunan kualitas warna, bau, dan stabilitas.

Perlakuan dengan Kaustik

- Umumnya menggunakan NaOH (kadang KOH)

- Utamanya untuk meningkatkan bau dan stabilitas oksidasi
- Caranya dengan menghilangkan asam-asam organik (asam naftenat dan fenol) serta senyawa sulfur (merkaptan, H_2S) dengan pencucian/penetralkan
- Proses pencucian kaustik biasanya ditambahkan *solubility promoters*/zat yang meningkatkan kelarutan hidrokarbon seperti metil alkohol dan kresol

Sweetening process

- Proses untuk menghilangkan sulfur berupa hidrogen sulfida, tiofena, dan merkaptan.
- Hasil akhir proses meningkatkan kenampakan warna, bau, kestabilan oksidasi, serta mereduksi karbondioksida.

Drying process

Proses untuk menghilangkan air hasil proses sweetening yang menggunakan asam dan kaustik

Tabel 4.1 Sumber Senyawa Kontaminan Produk Minyak Bumi

No	Material/Senyawa	Sumber
1	H_2S dan R-SH	Beberapa berasal dari minyak mentah asam Kebanyakan berasal dari dekomposisi termal dan dekomposisi katalitik senyawa sulfur selama proses distilasi, perengkahan, dan reforming
2	Sulfur elementer	Proses perengkahan dan reforming
3	Karbonil sulfida	Proses perengkahan dan reforming
4	Air	Minyak mentah serta proses perengkahan dan reforming
5	Basa nitrogen	Proses dekomposisi termal dan katalitik senyawa nitrogen dalam minyak mentah
6	Senyawa yang menyebabkan warna	Adanya sulfur, basa nitrogen, senyawa fenolik yang terbentuk selama prosesing
7	Konstituen damar (gum) dan pembentuk damar	Senyawa siklis dan diolefin terkonjugasi selama perengkahan termal
8	Peroksida organik	Dibentuk dari oksidasi hidrokarbon terutama olefin dan diolefin. Memiliki sifat memacu pembentukan damar dan memacu pengenceran minyak Menurunkan angka oktan
9	Asam fenolat dan naftenat	Beberapa berasal dari minyak mentah Sebagian berasal dari dekomposisi senyawa yang mengandung oksigen
10	Asam lemak	Dipacu adanya perengkahan termal seperti pembentukan asam format dan asam asetat
11	Karbondioksida	Perengkahan termal
12	Ammonia dan asam hidrosianida	Perengkahan katalitik
13	Aspalten dan resin	Residu proses perengkahan
14	Malam	Residu proses perengkahan atau juga dari minyak mentah

BAB V

PENGUJIAN KARAKTER MINYAK BUMI

Karakteristik Penting Minyak Bumi dan Produknya

1. *Density, specific gravity, dan API gravity*

Density: berat persatuan volume atau produk minyak bumi

Specific gravity: perbandingan berat jenis minyak dengan berat jenis air pada temperatur 15 °C atau 60 °F

API gravity: fungsi dari specific gravity

$$API\ gravity = \frac{141,5}{s_{60/60F}} - 131,5$$

2. Tekanan uap Reid (*Reid Vapor Pressure*)

Tekanan (psi/kPa) suatu minyak atau produk minyak pada temperatur 37,8 °C.

Berguna untuk menentukan minyak atau produknya bersifat volatil atau tidak (semakin tinggi nilainya maka produknya semakin volatil)

3. Titik nyala (*flash point*)

Temperatur terendah dimana uap minyak bumi dalam campurannya dengan udara menyala jika dikenai nyala uji pada kondisi tertentu.

Metode pengujian meliputi:

- a. Metode terbuka cleveland (ASTM D92-90; IP 36/84)

Menguji semua jenis produk minyak bumi kecuali yang memiliki titik nyala di bawah 79 °C

- b. Alat uji cawan tertutup Pensky Martens (ASTM D93-80; IP 34/85)

Menentukan titik nyala minyak bakar, minyak pelumas, dan suspensi padatan

- c. Alat uji cawan tertutup Abel (IP 170/75)

Menguji minyak dengan titik nyala antara -18 °C – 71 °C

4. Titik bakar (*fire point*)

Temperatur terendah dimana uap minyak bumi dalam campurannya dengan udara menyala akan terbakar secara terus menerus jika dikenai nyala uji pada kondisi tertentu.

5. Warna

Penentuannya menggunakan metode kolorimetri dan biasanya pada produk minyak

- a. Lovibond Tintometer: mengukur warna minyak mentah dan produknya kecuali minyak hitam dan bitumen
- b. Khromometer Saybolt: menentukan warna produk yang terolah seperti bensin, solar, dsb
- c. Kolorimeter ASTM: prinsipnya membandingkan intensitas warna yang diserap sampel dengan standar yang telah ada. Untuk produk pelumas, solar, dan malam parafin

6. Viskositas

Gaya gesek cairan dengan kapiler, yang menyatakan kekentalan suatu bahan

7. Titik asap (*smoke point*)

Tinggi maksimal dalam milimeter kerosin terbakar tanpa mengeluarkan asap.

8. *Copper strip corrosion*

Ukuran bahan produk minyak bumi menimbulkan korosi terhadap tembaga. Pengujian biasanya dilakukan pada gasoline serta *aviation gasoline*. Prinsip pengujian yaitu sampel dioleskan pada lempengan tembaga dan dipanaskan pada kondisi tertentu. Hasil pembakaran diamati dan dibandingkan dengan standar.

9. *Smoke point*

Suhu tertinggi kristal malam parafin terlihat sebagai kabut pada dasar tabung uji.

10. *Pour point*

Temperatur terendah dimana sampel minyak bumi atau produknya masih bisa mengalir atau dituangkan dengan sendirinya apabila didinginkan pada kondisi pemeriksaan (ASTM D97).

11. Angka oktan

Ukuran kualitas ketukan yang dihasilkan oleh pembakaran produk minyak bumi. Prinsip pengujian angka oktan yaitu membandingkan kualitas ketukan mesin bahan bakar sampel dengan standar. Standar yang digunakan adalah isooktana (2,2,4-trimetil pentana) yang diberi indeks 100 dan n-heptana diberi indeks 0.

Metode yang digunakan untuk penentuan angka oktan bensin dan avgas (*aviation gasoline*) adalah:

- a. Metode riset menghasilkan RON (*research octane number*)
- b. *Motor octane number* (MON)
- c. Angka oktan *supercharge* untuk bahan bakar pesawat

BAB VI

PRODUK MINYAK BUMI

Petroleum memiliki komposisi dan sifat yang sangat beragam tidak hanya dari sumber yang berbeda namun juga dari sumber eksplorasi yang sama. Secara garis besar, produk-produk hasil pengilangan minyak bumi dapat digolongkan menurut batasan jumlah karbon dan titik didih seperti tertera pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Ringkasan Jenis Produk Petroleum

Produk	Batas karbon terendah	Batas karbon tertinggi	Titik didih terendah (°C)	Titik didih tertinggi (°C)	Titik didih terendah (°F)	Titik didih tertinggi (°F)
<i>Refinery gas</i>	C1	C4	-161	-1	-259	31
<i>Liquefied petroleum gas</i>	C3	C4	-42	-1	-44	31
Nafta	C15	C17	36	302	97	575
Gasoline	C4	C12	-1	216	31	421
Kerosin/bahan bakar diesel	C8	C18	126	258	302	575
Aviation turbine fuel	C8	C16	126	287	302	548
Fuel oil/minyak bakar	C12	> C20	216	421	> 343	> 649
Lubricating oil/minyak pelumas	> C20		> 343		> 649	
Wax	C17	> C20	302	> 343	575	> 649
Aspal	> C20		> 343		> 649	
Coke	> C50		> 1000		> 1832	

PETROLEUM GAS

Gas yang dihasilkan dari proses pengilangan minyak bumi tersusun dengan komponen terbesar adalah hidrokarbon C4 atau C5 yang teruapkan sebagian pada temperatur ambien dan tekanan atmosfer. Gas dapat terbentuk dari reservoir bawah pada saat eksplorasi minyak mentah atau sebagai hasil samping proses pengilangan. Petroleum gas dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Gas alam meliputi gas kering dan gas campuran

Gas alam merupakan petroleum gas yang dihasilkan pada saat proses eksplorasi minyak mentah atau dihasilkan di tambang gas alam. Gas alam ditemukan dalam sumber minyak bumi sebagai gas bebas (*associated gas*), sebagai larutan dalam

minyak mentah (*dissolved gas*) atau dalam sumber yang hanya memiliki sedikit (atau tidak ada) minyak bumi yang disebut *unassociated gas*. Komponen penyusun utamanya adalah metana, etana, propana, dan butana, nitrogen, karbondioksida dan hidrogen sulfida.

Tabel 6.2 Komposisi Gas Alam

Kategori	Komponen	Jumlah (%)
Parafin	Metana	70 – 98
	Etana	1 – 10
	Propana	
	Butana	
	Pentana	
	Heksana	
	Heptana dan lebih tinggi	
Siklik	Siklopropana	
	Sikloheksana	
Aromatik	Benzena	
Non hidrokarbon	Nitrogen	
	Karbondioksida	
	Hidrogen sulfida	
	Helium	
	Senyawa sulfur dan nitrogen lain	
	Air	

Jenis gas alam bervariasi tergantung dari komposisi penyusunnya. Gas kering (*dry gas*) memiliki komposisi etana, propane, dan butane yang sangat kecil bila dibandingkan dengan gas campuran yang komposisi ketiga hidrokarbon tersebut cukup besar.

Tabel 6.3 Komposisi Gas Kering dan Gas Campuran

Komposisi	Gas Kering (%)	Gas Campuran (%)
CH ₄	81.76	66.8
C ₂ H ₆	2.73	19.4
C ₃ H ₈	0.38	9.1
C ₄ H ₁₀	0.13	3.5
C ₅ H ₁₂	0.17	-
CO ₂	0.87	-
N ₂	13.96	-
He	< 0.01	-

Gas alam memiliki kontaminan utama yang meliputi:

- *Acid gas* yang didominasi oleh hidrogen sulfida dan sedikit karbondioksida
- Air yang meliputi air bebas dan air terkondensasi
- Cairan dalam gas seperti hidrokarbon titik didih tinggi, minyak pelumas dan metanol
- Padatan seperti pasir silika

2. Gas *refinery*

3. Propana dan butana (LPG)

Merupakan bahan bakar tercairkan (LPG) dengan komponen utama campuran propane, butana, iso-butana, sedikit propilena atau butilena dan tidak mengandung gas toksik. Istilah LPG merujuk kepada hidrokarbon jenis tertentu dan campurannya yang ada dalam fasa gas pada kondisi atmosfer namun bisa dikonversi menjadi fasa cair pada tekanan sedang dan temperatur ambien.

Spesifikasi propana komersial:

- Total kandungan C_2 tidak lebih dari 5% mol
- Total etilena tidak lebih dari 1% mol
- Total C_4 dan lebih tidak boleh lebih dari 10% mol
- Total C_5 atau lebih tidak lebih dari 2% mol
- Tekanan uap pada 45 °C tidak lebih dari 17,9 kgf/cm²
- Kandungan sulfur tidak lebih dari 0,02% mol
- Total sulfur merkaptan tidak lebih dari 92 mg/m³
- Hidrogen sulfida tidak terdeteksi
- Total asetilena tidak lebih dari 2% mol
- *Limit flammability* 2,4% (v/v) di udara

Spesifikasi butana komersial:

- 95% (v/v) bahan dapat diuapkan pada 2,2 °C atau kurang
- Tekanan uap pada 45 °C tidak lebih dari 5,9 kgf/cm²
- Kandungan diena total tidak lebih dari 10% mol
- Kandungan sulfur tidak lebih dari 0,02% mol
- Total sulfur merkaptan tidak lebih dari 92 mg/m³
- Hidrogen sulfida tidak terdeteksi
- Total asetilena tidak lebih dari 2% mol

Campuran propana dan butana komersial diproduksi untuk memenuhi kriteria seperti volatilitas, tekanan uap, *specific gravity*, komposisi hidrokarbon, sulfur dan senyawanya, korosi tembaga, residu, dan kandungan air.

4. Gas pabrikan

GASOLINE

Campuran hidrokarbon yang mendidih di bawah 180 °C (355 °F) yang memiliki struktur molekul C₄-C₁₂ meliputi parafin, olefin, dan aromatik. Distribusi penyusun hidrokarbon C₄-C₁₂ meliputi 4–8% (v/v) alkana, 2–5% (v/v) alkena, 25–40% (v/v) iso-alkana, 3–7% (v/v) sikloalkana, 1–4% (v/v) sikloalkena, dan 20–50% (v/v) aromatik. Biasanya ada tambahan aditif alkil tersier butil eter (MTBE), etanol, metanol, *tetramethyl lead*, *tetraethyl lead*, *ethylene dichloride*, *ethylene dibromide*. Senyawa tambahan antara lain *antiknock agents*, *antioxidants*, *metal deactivators*, *lead scavengers*, *anti-rust agents*, *anti-icing agents*, *upper-cylinder lubricants*, *detergents*, dan *dyes*.

Tabel 6.4 Komponen utama gasoline (bensin)

Komponen	Sumber	Kisaran titik didih (°C)	Angka oktan (RON)	Keterangan
Butana	Distilasi minyak bumi mentah	0	101	
Isopentana	Proses konversi Distilasi minyak bumi mentah	27	101	
	Proses konversi Isomerisasi n-pentana			
Alkilat	Proses alkilasi	40 – 150	95 – 105	Banyak digunakan dalam avgas

Tabel 6.5 Aditif *Gasoline*

Klasifikasi	Fungsi	Jenis Aditif
Inhibitor oksidasi	Meminimalkan oksidasi dan pembentukan gum	Amina aromatik dan fenol
Inhibitor korosi	Menghambat korosi besi di pipa, tanki penyimpanan, dan sistem bahan bakar kendaraan	Asam-asam karboksilat
Deaktivator logam	Menghambat oksidasi dan pembentukan gum terkatalisis ion tembaga dan logam lainnya	Agen pengkelat
Detergen karburator/injektor	Mencegah dan menghilangkan deposit dalam karburator dan bagian injektor mesin	Amina, amida, dan amina karboksilat
<i>Deposit control additive</i>	Menghilangkan dan mencegah deposit di seluruh injektor mesin, karburator	Polibutena amina dan polieter amina
<i>Demulsifier</i>	Meminimalkan pembentukan emulsi dengan meningkatkan pemisahan air	Turunan poliglikol
<i>Anti-icing additive</i>	Meminimalkan saat menyalakan mesin dengan mencegah pembentukan es dalam karburator dan sistem bahan bakar	Surfaktan, alkohol, dan glikol
Senyawa anti <i>knock</i>	Meningkatkan kualitas oktan bensin	Alkil timbal dan metilsiklopentadienil, mangantrikarbonil
Zat warna	Identifikasi bensin	Padatan terlarut minyak dan zat warna cair

Karakter utama dari *gasoline* meliputi:

1. Bebas dari air, *gum*, dan sulfur korosif

Parameter ini penting karena dapat menyebabkan pembentukan kerak pada mesin. Selain itu kadar air dan *gum* berkaitan dengan periode induksi yaitu masa (jam) dimana gasolin dapat disimpan sebelum digunakan.

2. *Vapor lock*

Pengumpulan uap gasolin pada saluran bensin sehingga menyebabkan kemacetan bensin

3. Kecepatan dan percepatan pemanasan

4. Kualitas anti ketuk

Penentuan kualitas anti ketuk berdasarkan angka oktan *gasoline*. Angka oktan adalah persentase isooktana dalam campurannya dengan n-heptana yang memberikan kualitas ketukan sama dengan sampel dengan kondisi operasi tertentu. Angka oktan diukur menggunakan mesin standar baku, yaitu *Cooperative Fuel Research* (CFR) yang

dioperasikan pada kondisi tertentu, bahan bakar *gasoline* dibandingkan dengan bahan bakar rujukan yang terbuat dari n-heptana (angka oktan 0) dan isooktana (angka oktan 100). Bensin dengan nilai oktan 87, berarti bensin tersebut setara dengan campuran 87% isooktana dan 13% n-heptana. Bensin ini akan terbakar secara spontan pada angka tingkat kompresi tertentu yang diberikan sehingga hanya diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang memiliki rasio kompresi yang tidak melebihi angka tersebut. Angka oktan bensin yang diukur didefinisikan sebagai persentase isooktana dalam bahan bakar rujukan yang memberikan intensitas ketukan yang sama pada mesin uji.

5. Kemudahan melarut

6. Warna

Karakter ini terkait kualitas *refinery* serta kecenderungan pembentukan *gum*. Pada pengujian digunakan minyak pelarut warna dari bahan alam untuk melapisi (masking) warna produk minyak bumi. Teknik ini dipilih menurut pertimbangan yaitu:

- Mengidentifikasi warna gasolin
- Menghindari turunnya sifat anti ketuk jika digunakan aditif
- Mengurangi biaya produksi

7. *Specific gravity*

8. IBP

9. EP

10. Sulfur non korosif

Sifat-sifat penting dari *motor gasoline* antara lain:

1. Sifat pembakaran

Sifat pembakaran ini diukur menggunakan parameter angka oktan. Parameter angka oktan digunakan karena dari seluruh molekul penyusun bahan bakar mogas, oktana memiliki sifat kompresi paling baik yaitu dapat dikompres hingga volume terkecil tanpa mengalami pembakaran spontan. Angka oktan merupakan ukuran kecenderungan *gasoline* untuk melakukan pembakaran tidak normal yang timbul sebagai ketukan mesin. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar, maka semakin berkurang kecenderungannya untuk mengalami ketukan dan semakin tinggi kemampuannya untuk digunakan pada rasio kompresi tinggi tanpa mengalami ketukan.

Angka oktan terdapat dua jenis yaitu angka oktan riset (RON) yang memberikan gambaran mengenai unjuk kerja dalam kondisi pengendara biasa dan angka oktan motor (MON) yang memberikan gambaran mengenai unjuk kerja dalam kondisi pengendara yang lebih berat. Kecenderungan bahan bakar mengalami ketukan bergantung pada struktur kimia hidrokarbon yang menjadi penyusun bensin pada umumnya. Hidrokarbon olefin dan isoparafin mempunyai sifat antiketuk yang relatif baik, sedangkan n-parafin mempunyai sifat antiketuk yang lebih buruk, kecuali untuk parafin yang memiliki berat molekul rendah. *Motor gasoline* yang diproduksi di Indonesia ada tiga jenis dengan spesifikasi angka oktan yang berbeda yaitu Premium mempunyai angka oktan riset minimum 88 dan berwarna kuning, Pertamina mempunyai angka oktan minimum 92 dan berwarna biru, sedangkan Pertamina Plus yang mempunyai angka oktan 95 dan berwarna merah. Untuk mendapatkan *motor gasoline* dengan angka oktan yang cukup tinggi dapat dilakukan langkah sebagai berikut:

- a. Memilih minyak bumi yang mempunyai kandungan aromatik tinggi dalam trayek didih bensin.
- b. Meningkatkan kandungan aromatik melalui pengolahan reformasi, atau alkana bercabang atau olefina bertitik didih rendah.
- c. Menambah aditif untuk meningkatkan angka oktan seperti TEL (*tetra ethyl lead*), TML (*tetra methyl lead*), dan MTBE (*methyl tersier-butyl eter*).
- d. Menggunakan komponen berangka oktan tinggi sebagai campuran misalnya alkohol dan eter.

2. Sifat penguapan

Sifat volatilitas yang biasa digunakan dalam spesifikasi *motor gasoline* yaitu kurva distilasi, tekanan uap, dan perbandingan *vapor/liquid*. Penggunaan parameter sifat penguapan di Indonesia hanya sebatas pada kurva distilasi dan tekanan uap, sedangkan parameter perbandingan *vapor/liquid* praktis belum diterapkan. Kurva distilasi dihasilkan dari distilasi *gasoline* menurut metode baku ASTM D-86 yang berkaitan dengan masalah operasi dan unjuk kerja kendaraan bermotor. Bagian ujung depan kurva ini berkaitan dengan kemudahan bahan bakar *gasoline* dinyalakan dalam keadaan dingin, penyalaan pada keadaan panas, dan kecenderungan mengalami pembentukan es pada karburator. Bagian ujung belakang berkaitan dengan masalah pembentukan *gum gasoline*, pembentukan endapan di ruang bakar dan busi, serta pengenceran pada minyak pelumas, sedangkan kurva bagian tengah berkaitan dengan daya dan percepatan, kelancaran operasi, serta konsumsi bahan bakar. Beberapa sifat bagian kurva distilasi yang

disebutkan di atas berkaitan dengan ukuran kedua penguapan, yaitu tekanan uap. Pada spesifikasi *gasoline* digunakan pengukuran tekanan uap yang lebih khusus yaitu tekanan uap *Reid* (*Reid Vapor Pressure, RVP*) yaitu tekanan uap diukur dalam tabung tekanan udara pada temperatur 100 °F.

3. Sifat pengkaratan

Senyawa belerang dalam minyak bumi ada yang bersifat korosif dan semuanya dapat terbakar di dalam mesin dan menghasilkan belerang oksida yang korosif dan dapat merusak bagian-bagian mesin. Belerang bersifat racun dan dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan, karena itu kandungan belerang dalam mogas dibatasi dalam suatu spesifikasi.

4. Sifat stabilitas dan kebersihan

Parameter spesifikasi yang berkaitan dengan sifat *gasoline* yang bersih, aman, dan tidak merusak dalam penyimpanan dan pemakaian adalah zat gum, korosi, dan berbagai uji tentang kandungan senyawa belerang yang bersifat korosif. Mogas yang biasa diuapkan, biasanya meninggalkan sisa berbentuk gum padat yang melekat pada permukaan saluran dan bagian-bagian mesin. Apabila pengendapan gum terlalu banyak, kemulusan operasi mesin dapat terganggu. Oleh karena itu kandungan gum dalam mogas harus dibatasi dalam spesifikasi. Selain gum yang sudah ada sejak awal dalam mogas, gum juga dapat terbentuk karena komponen-komponen bensin bereaksi dengan udara selama penyimpanan. Hidrokarbon jenuh mempunyai kecenderungan untuk mengalami pembentukan gum.

Pengujian spesifikasi *motor gasoline* mengikuti pedoman American Society for Testing Material (ASTM) sebagai metode standar pengujian bahan bakar. Pengujian spesifikasi *motor gasoline* meliputi:

1. Angka Oktan (ASTM D-2699)

- a) Ruang bakar diatur lebih besar dari perkiraan *octane number* sampel dengan cara memutar *crank for adjusting compression ratio*.
- b) *Fuel selector* diatur *valve* ke posisi *bowl carburator* yang berisi sampel.
- c) Tekan tombol ON pada *detonation meter* dan *switch knock meter* dari posisi *zero* ke posisi *operate*.
- d) Dibiarkan mesin beroperasi dengan pembakaran sampel selama beberapa saat sampai pembacaan *knock meter* stabil, sebelum pengujian dilanjutkan.

- e) *Ratio fuel* diatur untuk memperoleh maksimum *knock intensity fuel/air ratio*, dengan cara memvariasikan ketinggian *carburator bowl*.
- f) *Compression ratio* diatur untuk mendapatkan pembacaan *knock meter* pada posisi 50 ± 2 .
- g) Dibaca micrometer dan barometer. Lakukan koreksi terhadap pembacaan micrometer dan *inlet air temperatur*.
- h) Hasil pembacaan micrometer yang telah dikoreksi dikonversikan ke *equivalent octane number* dengan menggunakan tabel *digital counter reading* dan tabel *dial indicator reading* hingga perkiraan *octane number* sampel diperoleh.
- i) *Knock meter* diatur dari posisi *operate* ke posisi *zero*. Atur *fuel selector valve* ke posisi netral.
- j) Sebanyak dua (2) *reference fuel blend (RFB)*, dibuat masing-masing sebanyak 400 mL. Kedua RFB tersebut mengapit perkiraan *octane number* sampel, dan perbedaan nilai dari kedua RFB mengacu Tabel 4 ASTM D-2699. RFB I mempunyai *octane number* yang lebih rendah dari sampel, sedangkan RFB II mempunyai *octane number* yang lebih tinggi.
- k) *Reference fuel* (RFB I) dimasukkan ke *bowl carburator* yang masih kosong dan bersih serta *reference fuel* II (RFB II) ke *bowl carburator* lainnya.
- l) *Fuel selector valve* diatur ke posisi *bowl carburator* yang berisi RFB I.
- m) *Knock meter* diatur dari posisi *zero* ke posisi *operate*.
- n) *Ratio fuel* (dari 0,7 – 1,7) diatur untuk mendapatkan maksimum *knock intensity fuel/air ratio* dengan cara memvariasikan ketinggian *carburator bowl*.
- o) Hasil pembacaan *knock meter* RFB I dicatat dibuku primer.
- p) *Knock meter* diatur dari posisi *operate* ke posisi *zero*. Atur *fuel selector valve* ke posisi netral.
- q) Langkah l sampai p dilakukan terhadap sampel RFB II.
- r) Bila kedua RFB (RFB I dan RFB II) yang telah dibuat tidak mengapit *octane number* sampel, buatlah RFB yang baru. Lakukan kembali langkah 11 hingga 16.
- s) Pengujian terhadap sampel dan kedua RFB dilakukan paling sedikit dua kali. Kemudian ambil nilai rata-rata dari pembacaan *knock meter*.

Perhitungan terhadap hasil pengujian sampel dan RFB dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{RON} = \text{ON.FBI} + \frac{(\text{KI. RFB I} - \text{KI. Sampel}) \times (\text{ON. RFB II} - \text{ON. LRFB I})}{\text{KI.RFBI} - \text{KI.RFBII}}$$

ON. RFB I = *Octane number* RFB I

ON. RFB II = *Octane number* RFB II

KI. RFB I = Pembacaan *knockmeter* untuk ON. RFB I.

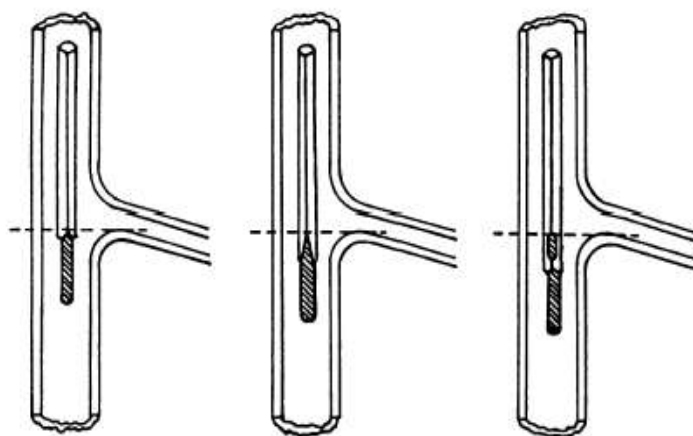
KI. RFB II = Pembacaan *knockmeter* untuk ON. RFB II.

KI. sampel = Pembacaan *knockmeter* untuk sampel.

Hasil perhitungan dilaporkan sebagai *octane number* sampel dengan 1 angka desimal.

2. Destilasi (ASTM D-86)

- a) Sampel 100 mL dimasukkan ke dalam labu destilasi, dan pasang termometer.
- b) Posisi termometer diatur pada labu destilasi seperti gambar berikut:

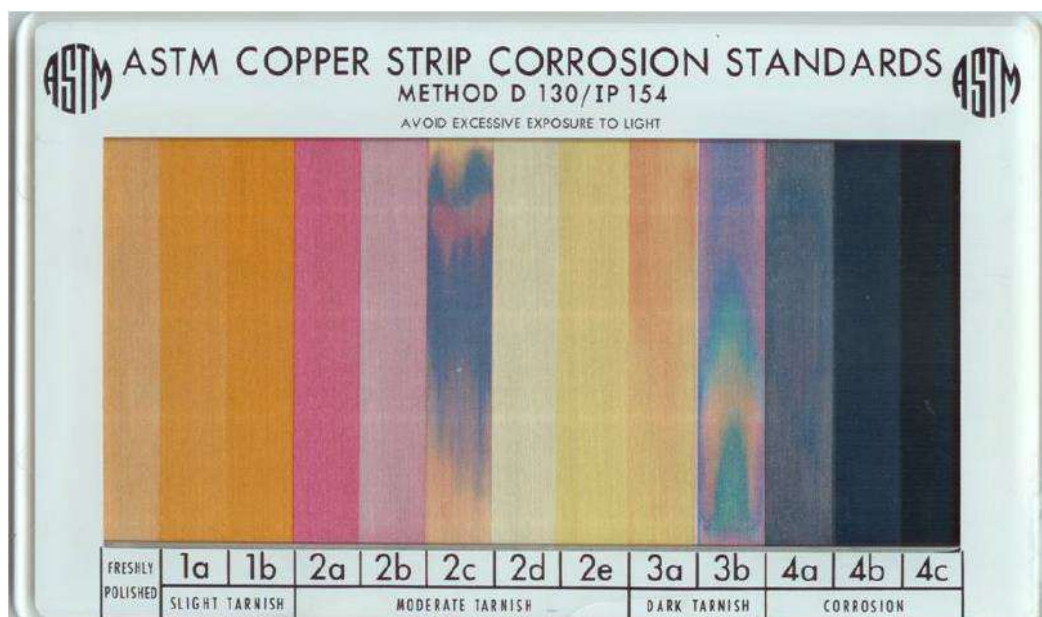


Gambar 6.1 Alat Uji Destilasi

- c) Labu destilasi dipasang tersebut pada perangkat destilasi.
- d) Alat pemanas dihidupkan dan atur pemanasan sesuai dengan kondisi pengujian group sampel dengan mengacu kepada tabel 4.
- e) Suhu IBP (*Initial Boiling Point*) dicatat dengan ketelitian 0.5 °C.
- f) Gelas ukur digeser hingga ujung kondensor menyentuh dinding dari gelas ukur.
- g) Suhu dicatat pada volume recovery 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 % dan FBP.

- h) Alat pemanas dimatikan, dan biarkan labu distilasi menjadi dingin.
 - i) Sisa sampel yang ada dalam labu distilasi dituangkan ke dalam gelas ukur kapasitas 5 mL.
 - j) Residu yang didapat dicatat.
 - k) Volume penguapan dihitung dengan formula, $\% \text{ loss} = 100 - (\text{total recovery} + \text{residu})$.
3. Tekanan Uap (ASTM D-323)
- a) Alat RVP dinyalakan.
 - b) Alat RVP dioptimasi.
 - c) Sampel ditempatkan pada gelas beker sebanyak 50 mL.
 - d) Selang penghubung dimasukkan ke dalam sampel.
 - e) Tombol “Run” ditekan pada alat pengukur RVP, dan tunggu ± 20 menit.
 - f) Nilai RVP pada sampel dicatat
4. Densitas pada 15 °C (ASTM D-1298)
- a) Sampel dimasukan ke dalam silinder kapasitas 1000 mL secara hati-hati untuk menghindari terjadinya gelembung udara.
 - b) Silinder yang telah berisi contoh diletakkan pada tempat yang datar dan bebas dari aliran angin serta guncangan, jaga agar perubahan suhu contoh uji pada saat pemeriksaan tidak lebih dari 2 °C.
 - c) Sampel diaduk dengan batang pengaduk kemudian masukan termometer dan baca temperatur sampel
 - d) Hidrometer dimasukkan secara perlahan-lahan, biarkan hidrometer terapung bebas dan suhu contoh konstan ± 2 °C.
 - e) Untuk cairan transparan catat pembacaan hidrometer pada skala hidrometer yang terpotong oleh permukaan cairan.
 - f) Untuk cairan gelap/keruh (*Opaque*) catat pembacaan hidrometer pada bagian atas skala hidrometer, dengan pengamatan mata sedikit di atas permukaan cairan.
 - g) Hasil pembacaan hidrometer dicatat, angkat hidrometer dan selanjutnya masukkan termometer ke dalam cairan, baca dan catat temperatur contoh mendekati 0,1°C.

- h) Jika temperatur berbeda 0,5 °C dengan pembacaan sebelumnya (langkah 3), ulangi pengamatan hidrometer dan temperatur hingga temperatur stabil.
 - i) Jika memungkinkan gunakan *water bath* / bak pendingin/pemanas dengan kontrol temperatur konstan.
 - j) Hasil pembacaan hidrometer dan suhu dikonversikan ke dalam tabel standar yang berlaku untuk mendapatkan data *Specific Gravity* standar.
5. Korosi Bilah Tembaga (ASTM D-130)
- a) Sampel dimasukan 30 mL kedalam *test tube*.
 - b) Tembaga digosok hingga *pure polish (polishing)*.
 - c) Lempeng tembaga atau *copper strip* dimasukkan ke dalam *test tube* yang sudah berisi sampel.
 - d) *Test Tube* direndam dalam bath dengan temperatur 50 ± 10 °C selama 3 jam ± 5 menit. Hindarkan *test tube* dari cahaya yang kuat, misalnya cahaya matahari atau lampu sorot.
 - e) Setelah waktu perendaman tercapai, keluarkan lempeng tembaga dari test tube dengan forcep.
 - f) Lempeng tembaga dicuci dengan isooktana, keringkan dengan kertas filter atau yang sesuai.
 - g) Warna lempeng tembaga dibandingkan warna lempeng tembaga dengan *Copper Strip Corrosion Standards*.



Gambar 6.2 ASTM Copper Strip Corrosion Standards D-130

DIESEL FUEL

Pengujian spesifikasi *diesel fuel* mengikuti pedoman American Society for Testing Material (ASTM) sebagai metode standar pengujian bahan bakar. Pengujian spesifikasi *diesel fuel* antara lain meliputi:

1. Kadar Air

- a) Disiapkan larutan Karl Fischer A (iodium, metanol dan piridin) dan larutan Karl Fischer B (piridin dan gas SO₂).
- b) Diletakkan beker gelas ke tempat yang ada pada alat *Automatic Karl Fischer Titrator*.
- c) Jika alat sudah keadaan siap, diambil 1000 µL (1mL) sampel dengan *syringe*, dibersihkan jarum dengan tisu, kemudian dimasukkan ke dalam beker gelas melalui *injection port* (menusukkan jarum ke septum *injection port*).
- d) Tekan “*START*” pada alat, dibiarkan alat melakukan pembacaan, ditunggu hingga hasil keluar dan hasil analisa di print out otomatis.
- e) Diulangi langkah di atas apabila membutuhkan hasil lebih dari satu kali analisis

2. Korosifitas Lempeng Tembaga

- a) Lempengan tembaga digosok dan dibersihkan dengan kertas amplas dari jenis 240 grit sampai bersih.
- b) Dicelupkan lempengan tembaga kedalam larutan isooktan, dikeringkan dan digosok lempengan tembaga tersebut dengan *Carborundum* 150 Mesh.
- c) Dikeringkan lempengan tembaga dari sisa isooktan dengan kapas dan segera disimpan lempengan tembaga di tempat gelap (terhindar dari cahaya matahari). Catatan jangan dipegang dengan jari.
- d) Disaring sampel dengan kertas saring whatman No.4, jika sampel tersebut kelihatan berkabut dan masukkan ke dalam *test tube* dan dilakukan pada tempat yang gelap agar terhindar dari pengaruh sinar matahari.
- e) Sebanyak 30 mL sampel dimasukkan ke dalam *test tube* dan lempengan tembaga
- f) Ditutup *test tube* dengan penutup yang berlobang, direndam dalam *bath* dengan temperatur $100 \pm 1^{\circ}\text{C}$
- g) Setelah 2 jam $\pm$ 5 menit, diangkat *test tube*

- h) Dibuka *test tube*, dimasukkan isi *test tube* dan lempeng tembaga ke dalam beaker kapasitas 150 mL
- i) Diangkat lempengan tembaga dengan forcep dan rendam dalam isooktan.
- j) Diangkat lempengan tembaga dan bandingkan dengan *ASTM Copper Strip Corrosion Standard*.

3. Total Bilangan Asam

Preparasi bilangan asam kuat dan total bilangan asam

- a) Disiapkan larutan *solvent* yaitu ditambahkan 500 mL *toluene* dan 5 mL kedalam 495 mL *isopropyl alcohol*.
- b) Disiapkan larutan KOH alkoholat 0.1 M (ditambahkan 6 gr KOH kedalam $\pm$ 1 L *isopropyl alcohol anhydrous*) dan dididihkan selama $\pm$ 10 menit agar larut sempurna.
- c) Dibiarkan selama 2 hari, kemudian disaring dan disimpan dalam botol gelap.
- d) Ditutup rapat agar tidak kontak dengan gas CO₂ dan udara bebas.
- e) Dilakukan standarisasi larutan KOH, dengan menimbang 0.02–0.03 gram *potassium hydrogen phtalate* dalam erlenmeyer 125 mL, ditambahkan 10 mL air distilasi dan ditambah 3 tetes indikator fenolftalein kemudian dititrasi dengan KOH untuk mengetahui molaritasnya.

Penentuan bilangan asam kuat dan total bilangan asam

- a) Sebanyak 20 ± 5.0 gram sampel ditimbang dalam beaker glass 250 mL pada *analytical balance*.
- b) Ditambahkan 125 mL *solvent*, dihubungkan dengan magnetik stirrer.
- c) Diletakkan beker gelas diatas stirrer, dimasukkan elektroda dan selang titrasi *potentiograph* ke dalam larutan sampel.
- d) Dihidupkan stirrer kemudian dititrasi dengan larutan KOH alkoholat 0.1 M atau sesuai dengan konsensentrasi sampel, sampai didapat titik akhir titrasi, jumlah titrasi dicatat oleh alat (ditentukan dengan membatasi pada *inflation point* grafiknya).
- e) Pada blanko, yaitu dengan mentitrasi 125 mL *solvent* sampai titik akhir titrasi.
- f) Untuk menentukan bilangan asam kuat, perhatikan jika pH larutan sampel dan *solvent* <4 maka lakukan pemeriksaan dengan menimbang kira-kira 20 gram sampel kemudian ditambahkan 125 mL *solvent*

- g) Selanjutnya titrasi dengan larutan KOH hingga pH 4
- h) Kerjakan blanko yaitu dengan mentitrasi 125 mL *solvent* dengan larutan standar HCl hingga pH 4.

AVIATION FUEL

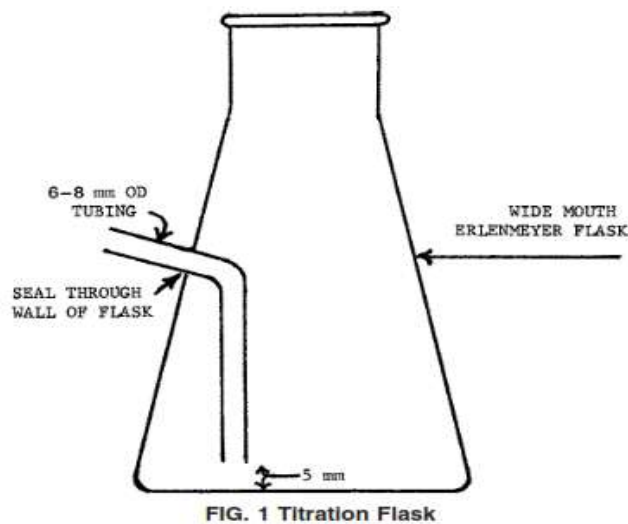
Jenis bahan bakar pesawat secara prinsip dapat diklasifikasikan menjadi 2 golongan menurut desain mesin yang digunakan yaitu pesawat terbang bermesin piston dengan mesin *aviation gasoline* (avgas) dan pesawat terbang bermesin turbin/jet dengan mesin avtur. *Aviation gasoline* (avgas) adalah bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran mesin pesawat udara jenis piston dengan penyalaan busi atau mesin pembakaran dalam. Fungsi avgas untuk menghasilkan tenaga mekanik dari tenaga kimia hasil proses pembakaran yang dihasilkan dari/oleh adanya suatu tekanan. *Aviation gasoline* tersusun oleh parafin dan iso-parafin (50%–60%), naftena (20%–30%), aromatik (10%), dan biasanya tidak ada olefin. Pembuatan melalui proses pencampuran (*blending*) fraksi nafta rantai lurus, isopentana, dan alkilat. Angka oktan avgas disesuaikan dengan mesin pesawat yang memiliki titik beku (*freezing point*) adalah -60°C (-76°F). Temperatur distilasi 30°C – 180°C (86°F – 356°F) dibandingkan bahan bakar kendaraan bermotor yaitu -1°C – 200°C (30°F – 390°F).

Spesifikasi avgas di Indonesia mengikuti mengikuti spesifikasi *Directory of Engine Research and Development* (DERD) British yang sekarang sudah diperbaharui menjadi *Directorate of Standardization Defence Standard* (DEF STAN) 91-90 Issue 1. Parameter penting avgas meliputi lima sifat yaitu:

- a. Kualitas nyala (*ignition quality*) meliputi angka oktan, nilai kalori, dan *specific gravity* atau *density*
- b. Sifat kemudahan menguap (*volatility*) meliputi penyulingan ASTM dan tekanan uap Reid
Bahan bakar yang dinyalakan dengan busi untuk mesin pembakaran dalam harus mudah diubah bentuknya dari fase cair menjadi fase uap/gas didalam mesin untuk dibakar bersama udara
- c. Sifat kemudahan berkarat
- d. Sifat kestabilan
- e. Kemudahan membeku (*freezing point*), kemudahan melarutkan air (*water reaction*), dan kandungan TEL (*tetra ethyl lead*)

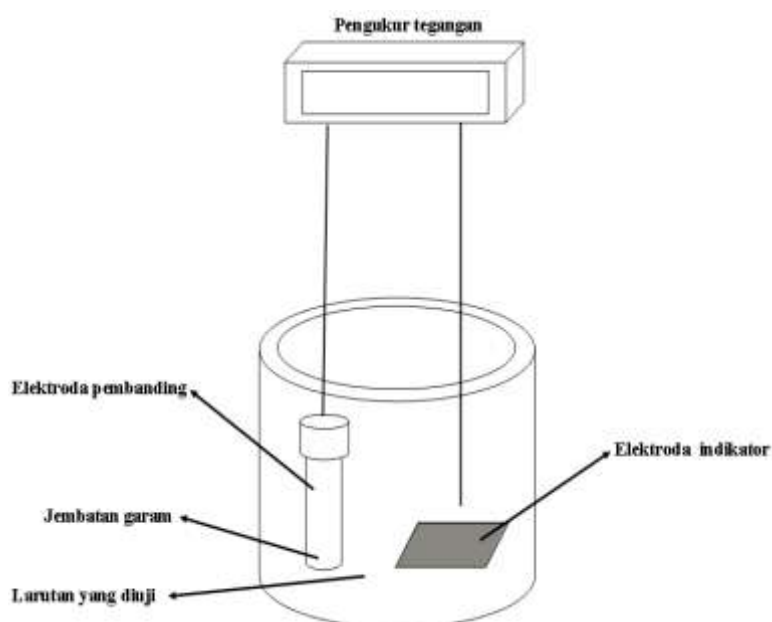
Pengujian spesifikasi *aviation gasoline* mengikuti pedoman *American Society for Testing Material* (ASTM) sebagai metode standar pengujian bahan bakar. Pengujian spesifikasi *aviation gasoline* antara lain:

1. Uji Keasaman (ASTM D 3242 - 08)
 - a) Sebanyak 100 g sampel avtur dilarutkan dalam pelarut TAN sebanyak 10 mL pada erlenmeyer
 - b) Ditambahkan indikator *p* – *naphtolbenzein* 0,1 % sebanyak tiga tetes
 - c) Dialirkan gas nitrogen untuk kemudian dititrasikan dengan larutan kalium hidroksida 0,01 N
 - d) Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna sampel dari kuning menjadi hijau (bertahan 15 detik)



Gambar 6.3 Alat Uji Keasaman

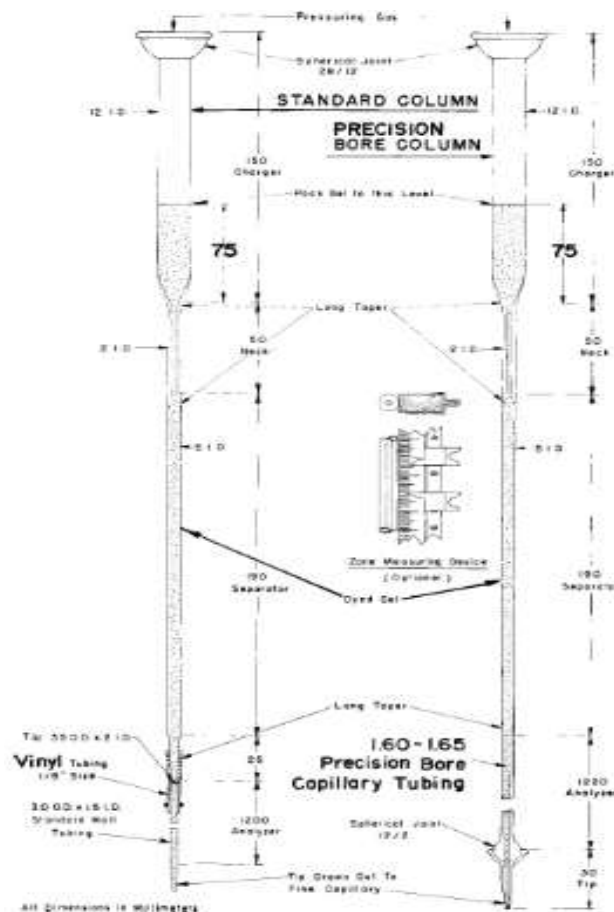
2. Uji Merkaptan Sulfur (ASTM D 3227 - 04a)
 - a) Sebanyak 50 g sampel avtur ditimbang dengan timbangan analitik
 - b) Sampel dilarutkan dalam pelarut merkaptan sebanyak 100 mL
 - c) Siapkan alat potensiometer lengkap dengan elektrodanya, kemudian dititrasi dengan larutan induk perak nitrat 0,01 N secara potensiometri
 - d) Instrumen dioperasikan dengan memilih menu *method (mercaptan)*, tekan *ok*, kemudian sampel dimasukkan pada wadah, pilih menu *ok* dan tekan menu *start*
 - e) Ditunggu hingga titik akhir titrasi muncul yang ditandai dengan adanya lonjakan potensial pada kurva titrasi yang terdapat pada layar potensiometer



Gambar 6.4 Alat Uji Titration Potensiometri

3. Uji Naftalena (ASTM D 1840 – 07)
 - a) Siapkan 2 buah labu takar 10 mL, dan 1 buah labu takar 25 mL
 - b) Sebanyak 1 g sampel avtur ditimbang dengan timbangan analitik
 - c) larutkan sampel dalam isooktana pada labu takar 25 mL dan homogenkan (larutan 1)
 - d) Sebanyak 5 mL larutan diambil dan tuang dalam labu takar 10 mL kemudian tambahkan isooktana hingga tanda batas untuk dihomogenkan (larutan 2)
 - e) Sebanyak 5 mL dari larutan dua, dimasukkan dalam labu takar 10 mL tambahkan isooktana hingga tanda batas dan homogenkan. Gunakan larutan terakhir untuk pembacaan dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis *double beam*
 - f) Lakukan pembacaan pada panjang gelombang 285 nm dan isooktana sebagai blanko
4. Uji Jenis Hidrokarbon (ASTM D 1319 – 08)
 - a) Sebanyak 3-5 mm *Fluorescent Indicator dyed gel* dimasukkan dan dipadatkan pada kolom *Fluorescent Indicator Adsorption (FIA)*
 - b) Sejumlah 0,75 mL sampel diinjeksikan dengan bantuan *syringe* hingga 30 mm dibawah permukaan silika gel
 - c) Ditambahkan isopropil alkohol hingga penuh, kemudian dorong dengan udara yang bertekanan 14 kPa

- d) Dibiarkan selama 3 menit, kemudian tekanan udara dinaikkan menjadi 34 kPa
- e) Sampel dibiarkan selama 1 jam
- f) Selanjutnya dilakukan pembacaan menggunakan lampu ultra violet dimana warna biru menunjukkan senyawa aromatik, kuning senyawa olefin, dan warna terang adalah parafin/naftena (*saturated*)



Gambar 6.5 Alat Uji Jenis Hidrokarbon

KEROSIN

- *Kerosene (kerosine)* juga disebut parafin atau minyak parafin, adalah cairan berminyak tidak berwarna yang mudah terbakar dengan bau yang sangat khas.
- Kerosin diperoleh dari minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar pada lampu dan pemanas di rumah, atau sebagai bahan bakar untuk mesin jet, dan pelarut untuk insektisida dan gemuk
- Kerosin adalah campuran hidrokarbon yang komposisi kimianya tergantung pada sumber.

- Tersusun atas 10 hidrokarbon berbeda yang masing –masing terdiri atas 10-16 atom karbon per molekul termasuk *n*-dodekana ($n\text{-C}_{12}\text{H}_{26}$), alkil benzena, naphthalena and turunannya.
- Titik didih berkisar 140 °C(285°F) sampai 320 °C (610°F)
- Fungsinya sebagai minyak bakar maka komponennya tidak boleh ada senyawa aromatik, hidrokarbon tidak jenuh, dan sulfur untuk meminimalkan terjadinya *smoke*
- Proses produksi awalnya menggunakan proses distilasi atmosfer namun sekarang berkembang melalui proses perengkahan (cracking)

FUEL OIL

- Ada 2 jenis yaitu *distillate fuel oil* dan *residual fuel oil*
- *Distillate fuel oil*: produk yang teruapkan dan terkondensasi selama proses distilasi yang memiliki titik didih tertentu dan tidak ada komponen dengan titik didih tinggi.
- *Residual fuel oil (heavy fuel oil)*: produk *fuel oil* berupa residu hasil proses distilasi minyak mentah dan perengkahan termal.
- Semua *fuel oil* tersusun oleh campuran hidrokarbon alifatik dan aromatik tergantung dari sumbernya dan tingkatan (grade) *fuel oil*
- Komposisi *residual fuel oil* campuran hidrokarbon dengan bobot molekul besar dengan kisaran titik didih 350°C sampai 650°C (660°F sampai 1200°F)
- *Residual fuel oil* tersusun atas hidrokarbon aromatik, alifatik, dan naften, khususnya C_{20} - C_{50} , komponen aspal, sejumlah kecil nitrogen, oksigen dan sulfur dari senyawa heterosiklik
- *Domestic fuel oil* adalah bahan bakar yang digunakan di rumah meliputi *kerosene*, *stove oil*, dan *furnace fuel oil* yang semuanya tergolong *distillate fuel oil*

LUBRICATING OILS

- Minyak yang digunakan untuk memperkecil friksi antara dua permukaan yang bertemu secara langsung
- Ada dua jenis yaitu *liquid lubricants* dan *grease lubricants*

Mineral oil terdiri atas:

1. Senyawa hidrokarbon distilat *crude oil*

Lebih stabil pada temperatur dan tekanan tinggi dibandingkan *animal oil* dan *vegetable oil*

2. *Synthetic oil*

Produk hasil reaksi sintesis hidrokarbon

3. Kelompok distilat minyak mentah yang tersusun oleh senyawa hidrokarbon dengan tipe berikut:

- Senyawa parafin rantai lurus dan bercabang
- Senyawa naften (senyawa polisiklik dan rantai jenuh senyawa berbasis sikloheksana)
- Senyawa aromatik (mono dan poli inti aromatik)

Synthetic oil digunakan untuk mesin-mesin dengan performa tinggi termasuk mesin penerbangan

Synthetic oil tersusun oleh:

- Hidrokarbon
- Silikon
- Poliglikol
- Ester
- Hidrokarbon terhalogenasi
- Ester polifenil

Aditif minyak pelumas:

- Antioksidan yaitu mencegah oksidasi minyak dan pembentukan lumpur dan asam
- *Corrosion inhibitor* mencegah pembentukan karat dan korosi bahan
- *Detergent dispersant* yaitu mendispersikan lumpur dan mencegah penggumpalan
- *Pour point depressant* yaitu memperbaiki fluiditas pada suhu rendah
- *Viscosity index improver* yaitu mencegah penurunan kekentalan karena kenaikan temperatur

Grease Lubricants

- Definisi *grease lubricants* menurut ASTM yaitu padatan hingga semi padatan yang mengandung *disperse agent liquid lubricant*
- Jenis *grease lubricants* meliputi *soap grease* (sabun dari mineral oil) dan *synthetic fluid* (ester dan silikon)
- Sifat fisik *grease lubricants*:
 - a) Viskositas
 - b) Stabilitas oksidasi
 - c) Konsistensi point
 - d) *Dropping point*

Minyak Pelumas memiliki parameter penting yang menunjukkan karakteristik sifatnya meliputi:

1. Viskositas
2. Indeks viskositas yaitu menunjukkan perubahan viskositas bahan dengan adanya perubahan temperatur
3. *Pour point*
4. Ketahanan oksidasi yaitu untuk memperbaiki sifat ketahanan oksidasi biasanya ditambahkan inhibitor oksidasi
5. Daya dukung beban
 - Ukuran kemampuan lapis tipis bahan untuk tidak putus karena beban
 - Tergantung pada suhu, tekanan, dan komposisi permukaan logam yang diberikan pelumas

PETROLEUM WAX

- Tersusun dari senyawa hidrokarbon parafin ($C_{20}-C_{75}$)
- Titik lebur $90^{\circ}\text{F} - 130^{\circ}\text{F}$
- Titik lebur semakin tinggi dengan semakin besar kandungan naften dan isoparafin
- Ada tiga tipe yaitu:
 1. *Paraffin wax* (distilat)
 - Paraffin wax (malam parafin)
 - Diperoleh dari distilasi parafin ringan
 - Bentuk padat (suhu kamar)
 - Kenampakan mikrokristal
 2. *Microcrystalline wax* (residu)
 - Microcrystalline wax (malam kristal mikro)
 - Diperoleh dari distilasi parafin fraksi berat
 - Bentuk padat (suhu kamar)
 - Kenampakan mikrokristal
 3. Petrolatum
 - Diperoleh dari distilasi parafin fraksi berat
 - Bentuk semi padat, seperti jelly terdiri dari campuran wax dan oli
 - Kenampakan mikrokristal

Karakter penting dari petroleum wax antara lain:

1. Titik leleh ASTM yaitu temperatur dimana malam menunjukkan kecepatan perubahan suhu minimum
2. Setting point: temperatur dimana malam mulai mengendap pada temperatur relatif konstan selama 15 detik
3. Warna, bau, dan rasa
4. Sealing strength: kekuatan yang dibutuhkan untuk memisahkan kertas malam
5. Flexibility: jumlah lipatan yang tidak menimbulkan kerusakan pada malam
6. Ketahanan pada air dan uap air
7. Kandungan minyak
8. Viskositas

Kegunaan petroleum wax dalam industri antara lain:

- Bahan pelapis kemasan

Digunakan untuk mengurangi masuknya air dalam kemasan, bentuknya folding carton, kertas lilin, kertas berkilap

- Lilin

Tersusun atas campuran wax paraffin dengan wax tanaman atau hewan

- Semir

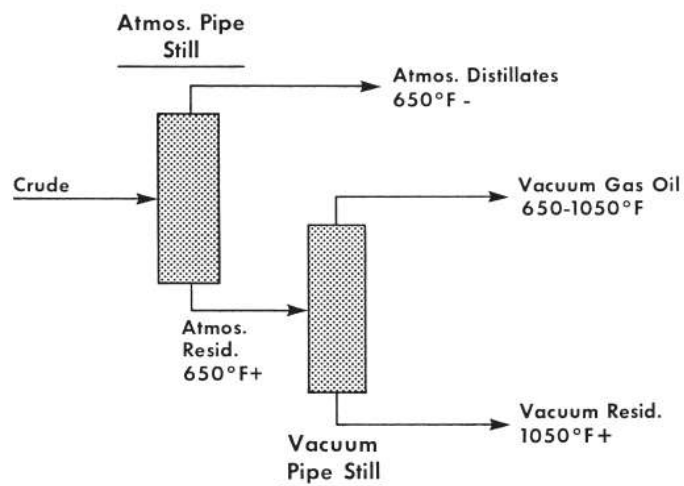
Umumnya tersusun atas campuran wax tanaman dan hewan, wax paraffin dan wax mikrokristalin, pelarut *white spirit*, terpentin, aditif pewarna dan parfum

- Perekat bahan korek api
- Kosmetik

ASPAL (BITUMEN)

Spesifikasi:

1. Fraksi berat minyak bumi, non volatil, *flammable*
2. Diperoleh dari proses *refinery crude oil*
3. Bahan padatan, setengah padatan, dan cairan dengan viskositas tinggi
4. Tersusun atas hidrokarbon esensial dan turunannya
5. Larut dalam karbondisulfida, piridin, hidrokarbon aromatik, dan hidrokarbon terklorinasi
6. Berwarna coklat hingga hitam
7. Bersifat *water proofing* dan adesif



Gambar 6.6 Skema Produksi Aspal

BAB VII

PETROKIMIA

Petrokimia adalah bahan kimia yang dibuat dari petroleum (dan gas alam) melalui produksi langsung maupun tidak langsung sebagai produk samping yang digunakan untuk berbagai kepentingan komersial. Bahan baku petrokimia adalah *intermediates petroleum* karena lebih murah, paling mudah diproses menjadi petrokimia, dan paling banyak tersedia. Petrokimia dibagi menjadi 2 kelompok utama yaitu *primary petrochemicals* dan *intermediates* serta *derivatives*.

1. *Primary petrochemicals* meliputi olefin, aromatik dan metanol
2. *Petrochemical intermediate* diproduksi melalui konversi secara kimia dari bahan utama petrokimia menjadi produk turunannya.

Petrochemical derivatives dibuat melalui beragam cara, langsung dari *primary petrochemicals*, melalui produk antara (*intermediate products*) yang masih ada karbon dan hidrogen dan menggabungkan dengan senyawa lain pada produk akhirnya.

Produk *intermediate* petrokimia antara lain:

1. vinil asetat (*vinyl acetate*) untuk cat, kertas, dan pelapisan tekstil
2. vinil klorida (*vinyl chloride*) untuk *polyvinyl chloride* (PVC)
3. pembuatan resin (*resin manufacture*)
4. Etilen glikol untuk serat tekstil poliester
5. Stirena (*styrene*) untuk industri karet (rubber) dan plastik

Produk Industri Petrokimia

- *Adhesives*
- *Plastics*
- *Soaps*
- *Detergents*
- *Solvents*
- *Paints*
- *Drugs*
- *Fertilizers*
- *Pesticides*
- *Insecticides*
- *Explosives*

- *Synthetic fibers*
- *Synthetic rubber*
- *Flooring and insulating material*

Kategori Petrokimia

1. Senyawa alifatik contohnya:

- n-pentana
- Isopentana (2-metil butana)
- Olefin seperti etilena, propilena, 1-butena, isobutena (2-metil propena), dan butadiena

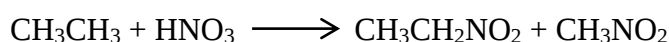
Etilena adalah bahan baku untuk produksi

- Etilen glikol = serat poliester, resin, dan *antifreezes*
- Etil alkohol = pelarut dan reagen kimia
- Polietilena
- Stirena = resin, karet sintetis, plastik, poliester
- Etilena diklorida = bahan baku vinil klorida (plastik dan serat)
- Propilena = bahan baku *acrylics*, *rubbing alcohol*, *epoxy glue*, dan *carpets*
- Butadiena = bahan baku *synthetic rubber*, *carpet fibers*, *paper coatings*, dan *plastic pipes*
- Hidrokarbon parafin C1-C4 digunakan sebagai bahan baku sintesis kimia.
- Reaksi yang terjadi meliputi:

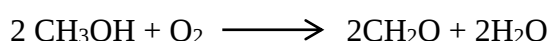
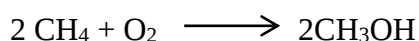
a. Halogenasi



b. Nitrasi



c. Oksidasi



d. Alkilasi

Menghasilkan zat aditif (tanpa timbal) yang mampu menaikkan angka oktan

e. Termolisis

2. Senyawa aromatik

Fraksi utama senyawa aromatik adalah benzena, metil benzena (toluena) dan dimetil benzena (xilena). Senyawa aromatik diproduksi di perengkahan nafta atau minyak gas ringan (*light gas oil*) selama pembuatan etilena dan olefin yang lainnya. Senyawa aromatik pada industri petrokimia memiliki banyak kegunaan antara lain: Benzena untuk membuat stirena yaitu bahan dasar plastik polistirena, lem, cat, dan bahan perekat lainnya.

Toluena digunakan sebagai pelarut, sumber TNT, polimerisasi, dan detergen.

Xilena (p-xilena) digunakan dalam produksi poliester dalam bentuk asam tereftalat atau metil esternya.

3. Senyawa anorganik

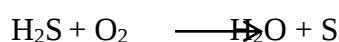
Contohnya adalah sulfur (S), ammonium sulfat $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, ammonium nitrat (NH_4NO_3) , dan asam nitrat (HNO_3)

Ammonia adalah bahan yang paling umum diproduksi dibuat melalui proses berikut:



Karbon hitam dibuat dari pembakaran bahan organik (metana, minyak bumi aromatik, dan produk samping batubara) dengan bantuan udara.

Sulfur diperoleh dari oksidasi hidrogen sulfida seperti reaksi berikut



Mayoritas sulfur dikonversi menjadi asam sulfat untuk produksi pupuk, karbon disulfida, serta bahan kimia industri *pulp and paper*

4. Gas sintesis (CO dan H₂)

Gas sintesis pada industri petrokimia digunakan untuk produksi ammonia dan metanol. Ammonia adalah bahan utama membuat NH_4NO_3 yaitu sumber pupuk. Metanol untuk produksi formaldehida, dan sisanya untuk serat poliester, plastik, dan karet silikon (*silicon rubber*). Sementara campuran gas CO dan H₂ sebagai bahan baku beragam bahan kimia. Reaksi yang terkenal untuk membuat gas sintesis adalah *Fischer-Tropsch*. Perengkahan termal (pirolisis) dan perengkahan katalitik merupakan bagian dari proses pengilangan yang berkontribusi dalam menghasilkan gas.

BAB VIII

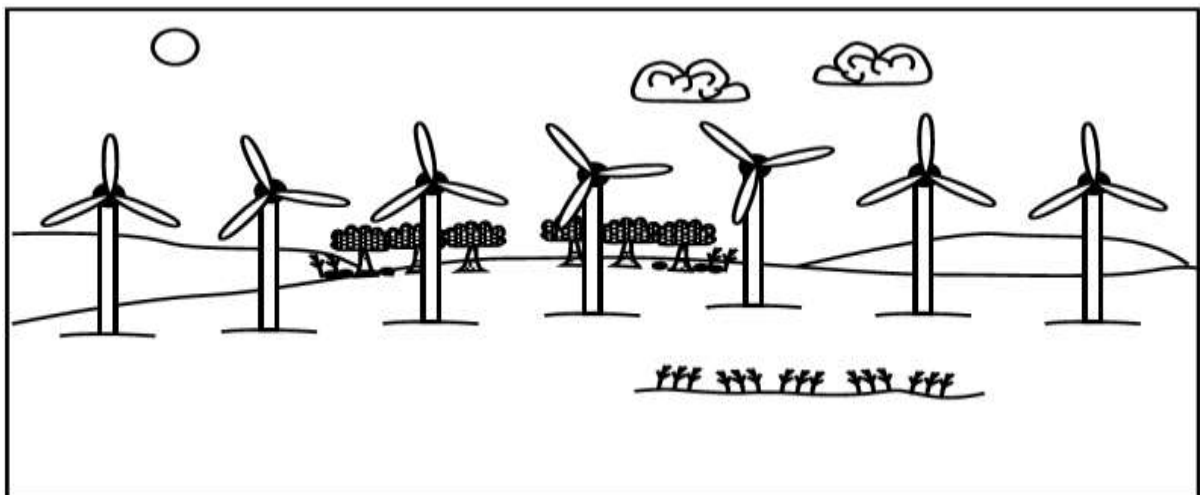
SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Kebutuhan sumber energi menjadi hal vital bagi kehidupan manusia, dimana energi menjadi penggerak segala aktivitas yang dilakukan baik di rumah maupun di tempat umum. Seperti diketahui bahwa energi yang digunakan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut sumber bahan bakar tersebut. Klasifikasi energi yang lazim diketahui antara lain:

- Energi dapat diperbaharui (*renewable energy*) adalah sumber energi yang diperoleh dari alam secara terus menerus dari sumber yang tidak terduga. Contoh yang paling nyata adalah cahaya matahari (*solar energy*) yang dapat diaplikasikan untuk berbagai bidang.
- Energi yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable energy*) adalah sumber energi tidak bergerak yang tersimpan dalam tanah kecuali pemanfaatannya dengan campuran tangan manusia.

Tenaga angin

Denmark telah memanfaatkan tenaga angin sebagai sumber energi yang menjadikan negara tersebut sebagai pelopor dalam produsen energi listrik. Sistem yang digunakan adalah turbin berbilah tiga dengan diameter berukuran 56 meter yang memiliki tinggi 64 meter.

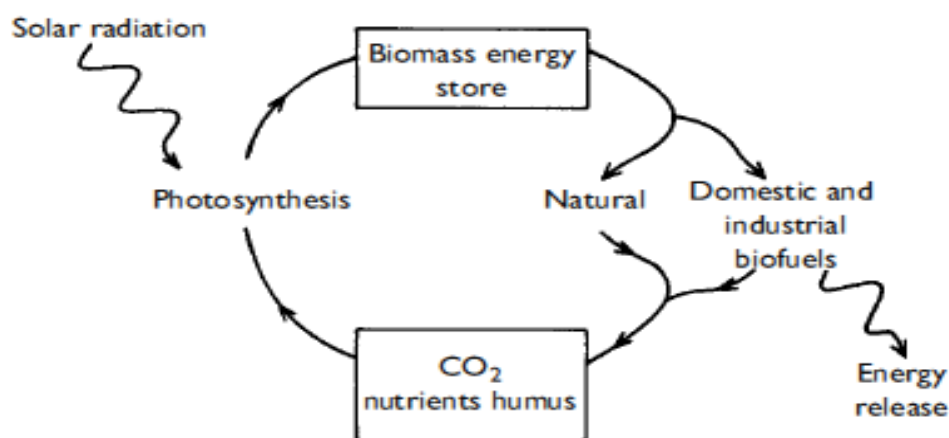


Gambar 8.1 Pembangkit listrik berbasis tenaga angin

Fasilitas pembangkit listrik tersebut mampu menghasilkan energi sebesar 33.6 MW yang memberikan kontribusi terhadap suplai energi listrik.

Biomassa

Biomassa merupakan bahan-bahan yang bersumber dari tanaman dan hewan, baik itu limbah maupun residunya. Biomassa mampu menghasilkan energi berupa panas karena merupakan bahan organik berbasis karbon yang bereaksi dengan oksigen dalam proses pembakaran dan proses metabolisme alami. Biomassa yang berbasis reaksi fotosintesis adalah sumber energi makanan yang sangat penting untuk semua organisme hidup dan sampai 200 tahun yang lalu merupakan sumber bagi kebanyakan bahan bakar. Fotosintesis adalah reaksi pembentukan senyawa organik dan energi kimia dengan bantuan sinar matahari. Namun terdapat beberapa kendala untuk menjadikan biomassa sebagai sumber energi yaitu salah satunya persepsi bahwa biomassa tidak bisa menghasilkan bahan bakar yang cukup untuk menyediakan kebutuhan energi dan kebutuhan lahan menanam sumber biomassa akan mengganggu peruntukannya sebagai sumber bahan makanan.

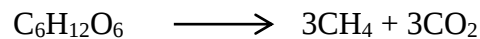


Gambar 8.2 Siklus biomassa berbasis fotosintesis

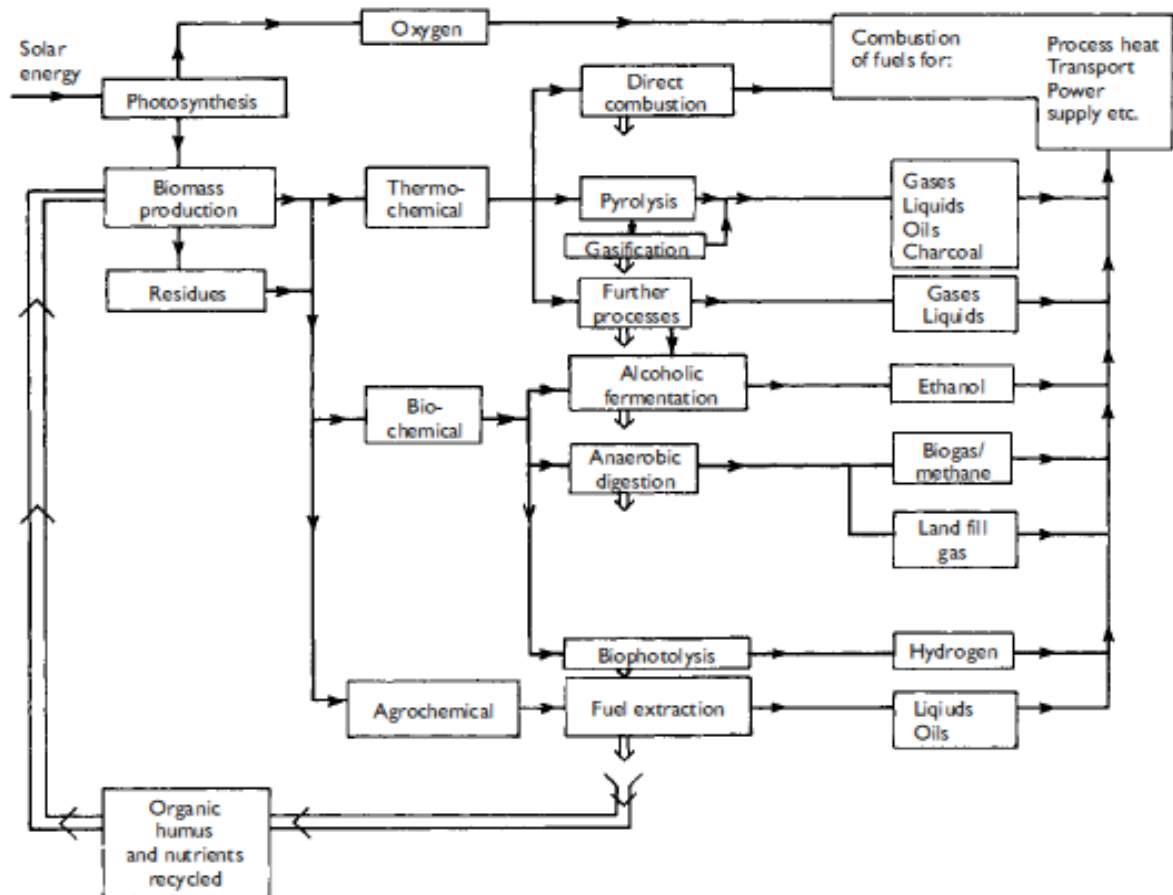
Biomassa mampu berkontribusi sekitar 13% dari kebutuhan energi manusia yang mayoritas untuk keperluan energi domestik atau rumah tangga bagi negara berkembang. Sumber karbon dari biomassa diperoleh dari CO_2 di atmosfer melalui proses fotosintesis. Saat biomassa dibakar maupun dihancurkan, emisi CO_2 akan didaur ulang menuju atmosfer sehingga tidak menambah konsentrasi CO_2 di atmosfer. Keuntungan penggunaan biomassa sebagai sumber energi antara lain:

- Sumber energi sebagian besar tidak menghasilkan efek polusi
- Tidak ada kontribusi karbondioksida kepada atmosfer karena dihasilkan melalui proses fotosintesis
- Panas yang dihasilkan oleh biomassa kering hanya setengah dari batubara
- Pembakaran biomassa menghasilkan sedikit sulfurdioksida

- e) Residu abu yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat dikubur langsung tanpa adanya pengaruh kontaminan logam berat dibandingkan abu batubara



Biomassa tersusun oleh komponen senyawa-senyawa organik dan air. Keberadaan air dalam biomassa dapat memberikan pengaruh terhadap energi panas yang dihasilkan karena evaporasi air membutuhkan energi sebesar 2.3 MJ/kg dan menurunkan temperatur pembakaran yang akan meningkatkan produksi *smoke* dan polusi udara.



Gambar 8.3 Proses produksi biofuel

Biomassa dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi dan sembilan jenis produk menurut proses yang digunakan untuk menghasilkan energi. Tiga klasifikasi biomassa dan produk yang dihasilkan yaitu:

1. Termokimia (thermochemical) yaitu proses menghasilkan energi panas yang berupa
 - a) Pembakaran langsung menggunakan sumber biomassa kering
 - b) Pirolisis yaitu sumber biomassa dipanaskan tanpa udara atau pembakaran sebagian biomassa dengan bantuan udara atau oksigen. Produk yang dihasilkan bisa berupa

gas (nama prosesnya gasifikasi), uap air, cairan dan minyak, serta abu. Jenis produk yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh temperatur, jenis sumber biomassa, dan proses pelakuan.

- c) Proses termokimia yang lain, seperti produksi metanol sebagai bahan bakar cair melalui proses pemutusan ikatan pada selulosa menjadi gula sebagai bahan baku proses fermentasi.

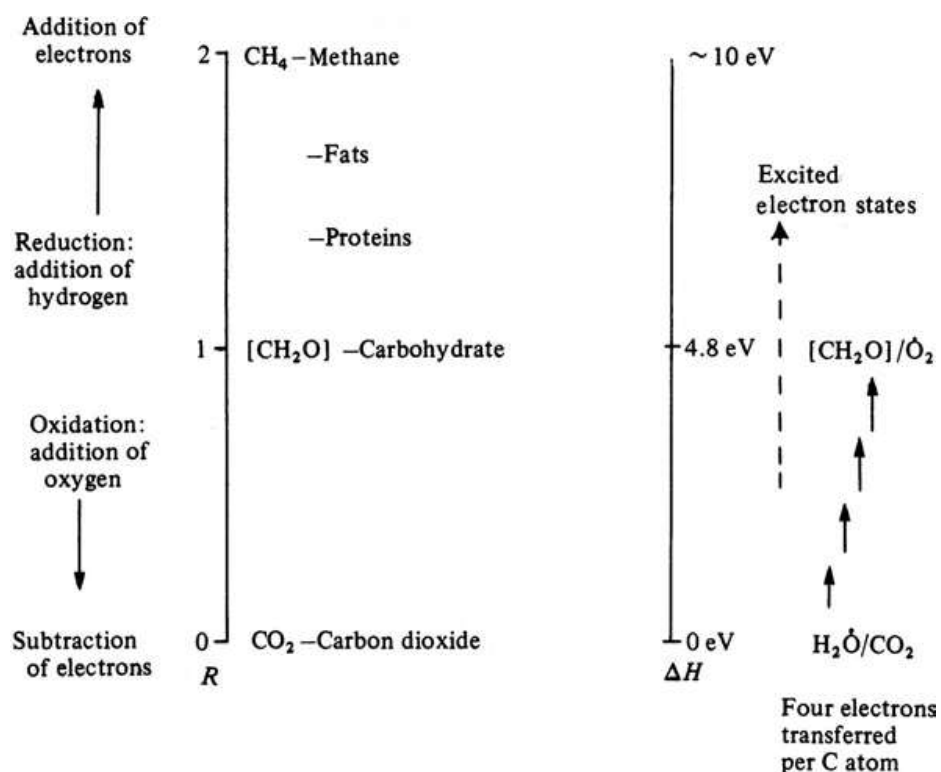
2. Biokimia (biochemical)

a) *Aerobic digestion*

Proses ini berpengaruh signifikan kepada siklus karbon biologis yaitu menghasilkan energi panas dan emisi CO_2 melalui proses metabolisme biomassa oleh bakteri/mikroba aerob dengan bantuan oksigen.

b) *Anaerobic digestion*

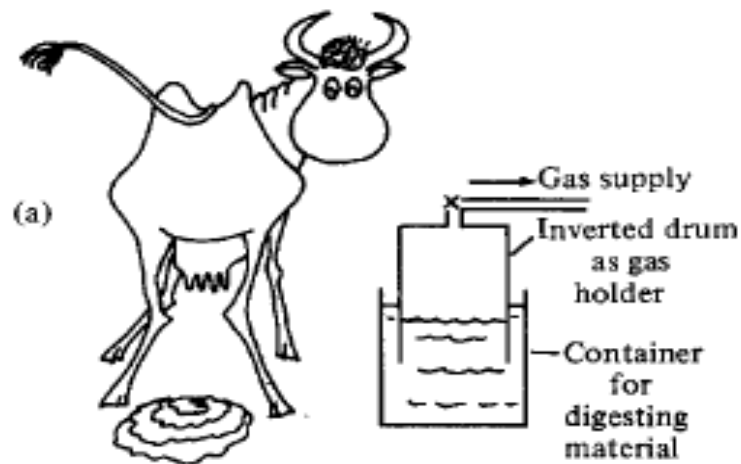
Proses ini tanpa melibatkan oksigen sehingga energi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme merupakan reaksi dengan karbon dari sumber biomassa untuk menghasilkan CO_2 dan CH_4 .



Gambar 8.4 Tingkat reduksi senyawa karbon

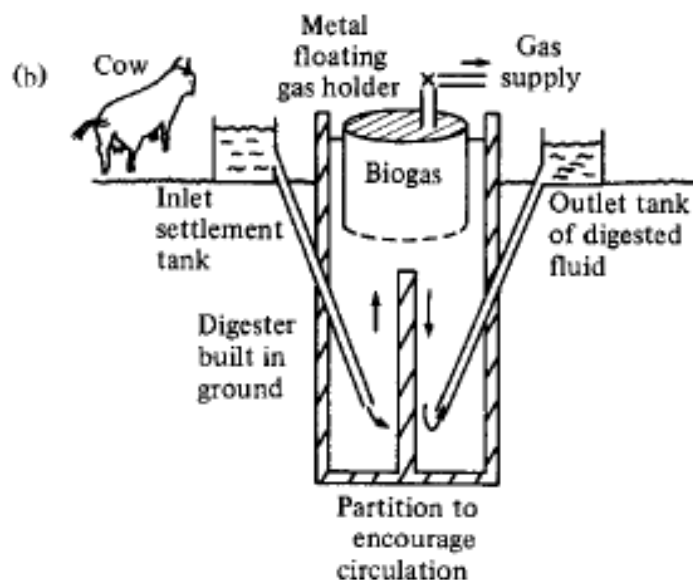
Proses ini disebut fermentasi namun bisa juga dinamakan *digestion* merujuk kepada proses pencernaan yang berlangsung pada hewan. Produk gas CO_2 , CH_4 , dan *trace gases* umumnya disebut biogas atau *sewage gas* atau *landfill gas*.

Sumber biomassa yang digunakan sebagai biogas bisa berasal dari kotoran ternak seperti sapi yang banyak mengandung senyawa organik sebagai hasil metabolisme dalam pencernaannya.



Gambar 8.5 Sumber biogas

Hasil pembakaran biogas menghasilkan energi antara 60-90% dari panas pembakaran sumber biomassa kering. Pemanfaatan biogas dengan membangun dan *digester* di dalam tanah kemudian mengontrol produksi gas metana dan proses ekstraksi yang terlibat didalamnya.



Gambar 8.5 Proses produksi biogas

Proses biokimia berlangsung dalam tiga tahap yang masing-masing tahapannya dibantu oleh bakteri atau mikroorganisme anaerobik yang berbeda. Ketiga tahapan proses biokimia meliputi:

- Sumber biomassa seperti selulosa, polisakarida, dan lemak yang ketiganya bersifat tidak larut namun bisa terdegradasi mengalami pemecahan molekul menjadi karbohidrat terlarut dan asam-asam lemak. Proses ini disebut hidrogenesis yang berlangsung selama sehari pada temperatur 25 °C.
- Bakteri memproduksi asam asetat dan asam propionat. Proses ini dinamakan *acidogenesis* yang berlangsung selama sehari pada temperatur 25 °C.
- Bakteri memproduksi gas metana secara perlahan selama 14 hari pada temperatur 25 °C.

c) *Alcoholic fermentation*

Proses fermentasi ini melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan etanol yaitu bahan bakar cair volatil yang bisa menggantikan bahan bakar minyak bumi.



d) *Biophotolysis*

Photolysis adalah pemecahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen dengan bantuan cahaya. Organisme biologis tertentu digunakan untuk menghasilkan hidrogen pada proses ini.

3. Agrokimia (agrochemical)

a) *Fuel extraction*

Bahan bakar cair maupun padat dapat diperoleh secara langsung dari tanaman. Bahan yang digunakan dinamakan *exudates* yang berasal dari potongan atau cacahan batang dan cabang-cabang pohon.

b) Biodiesel dan esterifikasi

Bahan bakar diesel bisa diperoleh dari konsentrat minyak nabati (berasal dari tanaman) seperti yang digunakan oleh Rudolph Diesel di tahun 1892. Pemakaian minyak nabati secara langsung pada mesin memiliki beberapa kelemahan antara lain viskositas yang tinggi dan deposit pembakaran jika dibandingkan bahan bakar diesel dari minyak bumi, sehingga perlu mengkonevrsi menjadi senyawa ester yang lebih sesuai dengan spesifikasi mesin diesel.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2008, D 1319-08: Standard Test Method for Hydrocarbon Types in Liquid Petroleum Products by Fluorescent Indicator Adsorption, West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2007, D 1840-07: Standard Test Method for Naphthalene Hydrocarbons in Aviation Turbine Fuels by Ultraviolet Spectrophotometry, West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2004, D 3227-04a: Standard Test Method for (Thiol Mercaptan) Sulfur in Gasoline, Kerosine, Aviation Turbine, and Distillate Fuels (Potentiometric Method), West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2008, D 3242-08: Standard Test Method for Acidity in Aviation Turbine Fuel, West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2008, D 86-08a: Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure, West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2008, D 323-08: Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method), West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2005, D 1298-99: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method, West Conshohocken, USA, ASTM.
- ASTM, 2004, D 130-04: Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test, West Conshohocken, USA, ASTM.
- Curley, R., 2012, Fossil Fuels, Energy: Past, Present, and Future, Britannica Educational Publishing, New York.
- Grace, R., 2007, Oil—An Overview of The Petroleum Industry 6th edition, Gulf Publishing Company, Texas.
- Nadkarni, R.A.K., 2007, Guide to ASTM Test Methods for The Analysis of Petroleum Products and Lubricants 2nd edition, West Conshohocken, PA.
- Speight, J.G., 2001, Handbook of Petroleum Analysis, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey.
- Speight, J.G., 2002, Handbook of Petroleum Product Analysis, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey.
- Speight, J.G., 2014, The Chemistry and Technology of Petroleum 5th edition, CRC Press, Taylor&Francis Group, New York.



**MODUL KULIAH
KIMIA PETROLEUM
PROGRAM DIII ANALIS KIMIA FMIPA
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**