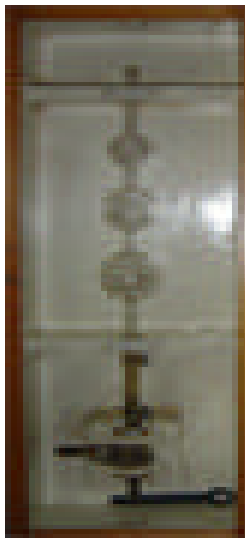


BAHAN BAKAR

Kompetensi : Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran

TPL - Prod/H.04



**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM DIKEMENJUR
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2003

KATA PENGANTAR

Bahan Bakar merupakan salah satu kompetensi yang harus dimiliki oleh setiap siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran. Dengan demikian diharapkan agar para siswa memiliki pengetahuan, keterampilan dan sikap yang cakap dalam bidang bahan bakar.

Modul ini sangat membantu siswa dalam belajar, maupun guru dalam mempersiapkan proses belajar mengajar. Untuk mengetahui daya serap siswa dalam mempelajari materi bahan bakar, pada setiap akhir modul dilengkapi soal-soal latihan yang sifatnya pendalaman.

Semoga bahan bakar ini dapat bermanfaat bagi siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran dalam mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL	v
GLOSARIUM	ix
I. PENDAHULUAN	I - 1
A. Deskripsi	I - 1
B. Prasarat	I - 2
C. Petunjuk Penggunaan Modul	I - 2
1. Penjelasan Bagi Siswa	I - 2
2. Peran Guru dalam Proses Pembelajaran.....	I - 5
D. Tujuan Akhir	I - 6
E. Kompetensi	I - 6
F. Cek Kemampuan	I - 7
II. PEMBELAJARAN	II - 1
A. Rencana Belajar Siswa	II - 1
B. Kegiatan Belajar	II - 2
1. Minyak Bumi dan Fraksi-fraksinya	II - 2
a. Tujuan Pembelajaran	II - 2

b. Uraian Materi	II - 2
c. Rangkuman	II - 7
d. Tugas	II - 8
e. Tes Formatif	II - 9
f. Lembar Kerja	II - 11
2. Bahan Bakar Minyak Bensin	II - 13
a. Tujuan Pembelajaran	II - 13
b. Uraian Materi	II - 13
c. Rangkuman	II - 20
d. Tugas	II - 21
e. Tes Formatif	II - 22
f. Lembar Kerja	II - 25
3. Bahan Bakar Minyak Solar	II - 27
a. Tujuan Pembelajaran	II - 27
b. Uraian Materi	II - 27
c. Rangkuman	II - 42
d. Tugas	II - 42
e. Tes Formatif	II - 43
f. Lembar Kerja	II - 47

III. EVALUASI III - 1

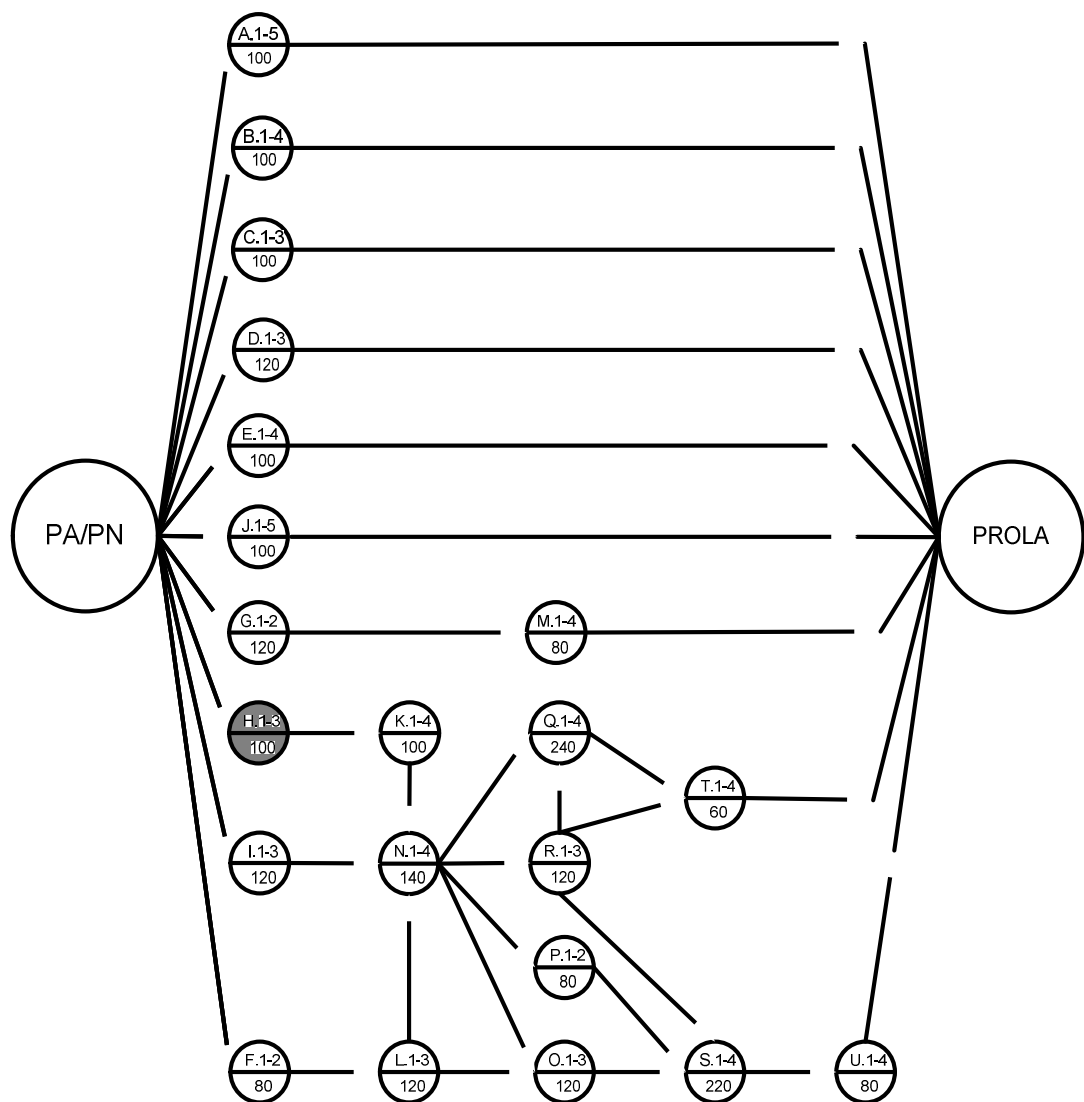
IV. PENUTUP..... IV - 1

DAFTAR PUSTAKA

PETA KEDUDUKAN MODUL

Bahan Pelumas ini merupakan salah satu prasyarat utama yang harus dimiliki oleh setiap Siswa SMK Bidang Keahlian Teknika Pelayaran Niaga dan Teknika Perikanan Laut.

Kedudukan program pembelajaran Teknika Perikanan Laut dalam keseluruhan program pembelajaran dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



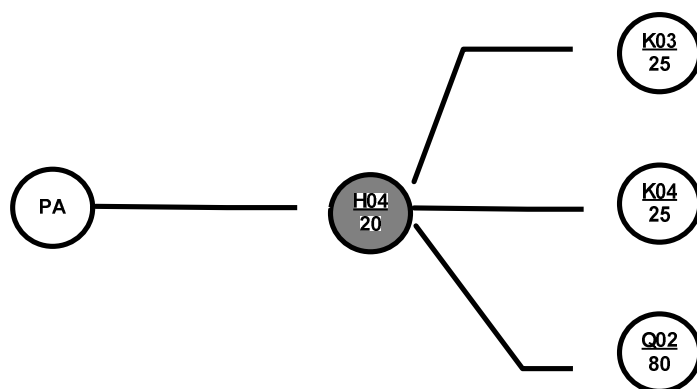
Lingkaran berikut huruf yang berada di dalam diagram di atas menunjukkan kompetensi yang harus dimiliki sesuai Program Diklat yang bersangkutan, yaitu:

- A = Pencegahan dan Pemadaman Kebakaran
- B = Teknik Penyelamatan Diri
- C = Prosedur Darurat dan Sar
- D = Pelayanan Medis
- E = Pencegahan Polusi Lingkungan Laut
- F = Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- G = Hukum Laut dan Peraturan Perikanan
- H = Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran
- I = Menggambar Mesin
- J = Bangunan dan Stabilitas Kapal Perikanan
- K = Peralatan Kerja Mesin
- L = Instalansi dan Peralatan Listrik
- M = Tata Laksana Perikanan yang Bertanggung Jawab
- N = Kerja Bengkel
- O = Otomatisasi dan Sistem Kontrol
- P = Perawatan Alat Penangkap Ikan
- Q = Mesin Penggerak Utama dan Bantu
- R = Pompa dan Sistem Perpipaan
- S = Peralatan Pengolahan dan Sistem Pendingin Ikan
- T = Dinas Jaga
- U = Penanganan dan Penyimpanan Hasil Tangkap

Kode modul pada masing-masing program Diklat mengandung unsur kode program diklat yang bersangkutan serta unsur nomor yang menunjukkan jumlah modul atau urutan modul ke-n pada program diklat tersebut.

Sebagai contoh : Sebuah program diklat yang diberi kode A dan memiliki 4 (empat) buah modul, maka modul-modul tersebut di beri kode A.01, A.02, A.03 dan A.04.

Peta kedudukan modul menggambarkan Profil kompetensi dan deskripsi pembelajaran dari Modul Program Diklat **Mengidentifikasi Bahan Bakar** ini dalam keseluruhan program pembelajaran pada bidang Keahlian Pelayaran dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



GLOSARIUM

Bahan bakar bensin adalah jenis gasoline atau petrol merupakan suatu campuran (blend) dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene dan aromatic dengan perbandingan yang bervariasi.

Crude oil adalah minyak bumi cair yang licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon.

Cetane Number adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnaphthalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan.

Detonasi Diesel adalah ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak.

Destilasi adalah proses pengilangan minyak bumi dan menghasilkan bahan bakar minyak.

Internal combustion engines adalah motor pembakaran dalam seperti motor bensin dan motor diesel.

Sulfur adalah kadar belerang dalam bahan bakar cair yang harus relatif rendah supaya tidak terjadi korosi pada komponen motor.

Octane Number adalah persentase volume isooktane di dalam campuran isooktane dengan normal heptane yang menghasilkan intensitas knocking yang sama dengan bensin tersebut.

Fuel oil atau **minyak solar** adalah bahan bakar yang digunakan untuk motor diesel dimana proses pembakaran terjadi bukan oleh penyalaan busi tetapi terjadi karena tekanan kompresi yang tinggi di dalam silinder motor.

Kerugian cerobong adalah kerugian panas yang terbawa keluar bersama-sama gas buang dalam %.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Salah satu penyebab kesalahan dalam memilih bahan bahan untuk permesinan kapal adalah kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam bahan bakar baik bensin maupun solar, yang dapat berakibat fatal karena dapat merusak komponen-komponen mesin yang tidak sesuai dengan standar spesifikasi pabrik pembuat mesin.

Pengetahuan bahan bakar mutlak harus dimiliki oleh awak kapal dalam bekerja di atas kapal. disamping itu awak kapal juga diharuskan mengetahui dan memahami tentang bahan bakar yang sering digunakan dalam bidang permesinan di kapal untuk menghindari kesalahan dalam pemilihan bahan bakar yang digunakan di kapal.

Modul kompetensi Bahan Bakar ini pada dasarnya merupakan materi kurikulum yang berfungsi untuk mengembangkan kemampuan siswa SMK Bidang Keahlian Teknika Perikanan Laut untuk dapat mengidentifikasi dan memilih bahan bakar yang sesuai untuk digunakan di kapal. Modul ini di dalamnya berisi materi yang disajikan dalam beberapa kegiatan belajar yaitu :

Kegiatan Belajar 1 : Minyak bumi dan fraksi-fraksinya

Kegiatan Belajar 2 : Bahan bakar minyak bensin

Kegiatan Belajar 3 : Bahan Bakar minyak solar

Ketiga modul itu di sajikan dalam buku Materi Pokok Bahan Bakar.

B. Prasarat

Untuk mempelajari program ini siswa tidak dipersyaratkan memiliki pengetahuan atau keterampilan khusus tentang Bahan Bakar. Hal ini disebabkan materi program ini dirancang sebagai suatu paket kompetensi utuh, supaya siswa dapat dengan mudah memahami, mengidentifikasi dan menerapkan prinsip-prinsip tentang bahan bakar, dalam pekerjaan dan kehidupan sehari-hari sebagai calon awak kapal di atas kapal niaga dan kapal perikanan.

C. Petunjuk penggunaan modul

1. Penjelasan bagi siswa

Modul ini membahas tentang Bahan Bakar berupa materi keterampilan dasar sebagai salah satu persyaratan yang harus dimiliki oleh awak kapal/calon awak kapal yang bekerja di atas kapal.

Setelah mempelajari modul ini, Anda sebagai siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran, Program Keahlian Teknik Perikanan Laut diharapkan dapat memahami pentingnya bahan bakar, yang secara khusus dapat dirinci dalam bentuk-bentuk perilaku sebagai berikut ini :

1. Mengidentifikasi minyak bumi dan fraksi-fraksinya
2. Memilih bahan bakar minyak bensin
3. Memilih bahan bakar minyak solar

a. langkah-langkah belajar yang harus ditempuh

Untuk memberikan kemudahan pada Anda mencapai tujuan-tujuan tersebut, pada masing-masing butir bagian, Anda akan selalu menjumpai uraian materi, bahan latihan, rangkuman/inti sari dan tes formatif sebagai satu kesatuan utuh.

Oleh karena itu sebaiknya Anda mengetahui seluruh pembahasan itu. Sedangkan untuk memperkaya pemahaman dan memperluas wawasan Anda mengenai materi, disarankan agar membaca rujukan yang sesuai dan dicantumkan dibagian akhir Buku Materi pokok ini.

b. Perlengkapan yang harus dipersiapkan

Agar dapat melaksanakan kegiatan belajar dengan baik pada modul ini, maka perlengkapan kelas maupun di workshop harus disediakan selengkap mungkin antara lain seperti dalam tabel berikut ini.

Perlengkapan Ruang Kelas	Perlengkapan workshop	Bahan
1. OHP 2. LCD 3. Papan tulis	1. Drum tempat minyak bahan bakar. 2. Corong plastik. 3. Ember plastik. 4. Selang plastik 1” 5. Alat takaran / literan. 6. Peralatan percobaan kekentalan Viskosimeter	1. Macam-macam bahan bakar seperti ; - Bahan bakar bensin. - Bahan bakar solar. 2. Majun/kain lap.

Perlengkapan tersebut mutlak diperlukan untuk memperagakan dan mengidentifikasi bahan bakar kepada siswa SMK Bidang Pelayaran, Program Keahlian Teknika Perikanan Laut tersebut sesuai prosedur SOP.

c. Hasil Pelatihan

Setelah siswa dapat menyelesaikan modul ini, siswa dapat menjelaskan, mengidentifikasi, memilih dan menentukan bahan bakar yang sering diketemukan di atas kapal perikanan, selain itu modul bahan bakar, yang mana merupakan tuntutan yang diperlukan di dunia kerja untuk dapat memilih dan menentukan bahan bakar. Hasil dari pelaksanaan pembelajaran pada modul ini, diharapkan siswa mampu untuk memilih bahan bakar dengan tepat, saat memasuki lapangan kerja.

d. Prosedur Sertifikasi

Pada pembelajaran sub kompetensi bahan bakar, menitik beratkan pada mengidentifikasi, memilih dan menentukan bahan bakar. Untuk itu pengetahuan-pengetahuan dasar mengenai mesin utama dan mesin bantu kapal perikanan, sebelumnya harus tetap dikuasai. Setelah menempuh ujian atau evaluasi maka secara teknis siswa telah mampu untuk memasuki lapangan kerja, namun untuk melengkapi program diklat teknologi bahan dan teknik pengukuran. Untuk selanjutnya menempuh uji kompetensi yang dilaksanakan oleh Badan Nasional Sertifikasi Indonesia (BNSI) atau melalui Panitia Uji Kompetensi dan Sertifikasi (PUKS) untuk mendapatkan sertifikat kompetensi di Sekolah masing-masing. Sekolah merekomendasikan siswanya untuk mengikuti uji kompetensi kepada PUKS atau Lembaga

Sertifikasi Profesi yang telah ditunjuk oleh Badan Nasional Sertifikasi Indonesia (BNSI).

2. Peran Guru Antara lain

- a. Membantu siswa dalam merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing siswa melalui tugas-tugas yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu siswa dalam memahami konsep dan praktik baru dan menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa.
- d. Membantu siswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan dalam belajar.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.
- f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.
- g. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya.
- h. Melaksanakan penilaian.
- i. Menjelaskan kepada siswa tentang sikap pengetahuan dan ketrampilan dari suatu kompetensi yang perlu dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya.
- j. Mencatat pencapaian kemajuan siswa.

D. Tujuan Akhir

Siswa dapat memahami, mengidentifikasi, memilih dan menentukan serta menggunakan bahan besi dan baja di atas kapal atau sesuai persyaratan dunia usaha/industri (*entri level*). dan diharapkan dapat melakukan pemilihan bahan teknik yang tepat untuk digunakan di atas kapal.

E. Kompetensi

Unit Kompetensi : Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran

Kode Kompetensi : TPL-Prod/H.04

Sub Kompetensi : Mengidentifikasi Bahan Bakar

Kriteria unjuk kerja	Lingkup belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
		Pengetahuan	Keterampilan	Sikap
-Minyak bumi dan fraksi-fraksinya diidentifikasi dengan benar.	-Minyak bumi dan fraksi-fraksinya.	-Menjelaskan Minyak bumi dan fraksi-fraksinya dengan benar	-Menguraikan Minyak bumi dan fraksi-fraksinya dengan benar.	-Cermat dalam menguraikan Minyak bumi dan fraksi-fraksinya.
-Bahan bakar minyak bensin diidentifikasi dengan tepat.	-Bahan bakar minyak bensin -Bahan bakar minyak solar.	-Menjelaskan Bahan bakar minyak bensin dengan benar.	-Mengidentifikasi Bahan bakar minyak bensin dengan tepat. -Mengidentifikasi Bahan bakar minyak solar dengan tepat.	-Cermat dalam mengidentifikasi Bahan bakar minyak bensin. -Cermat mengidentifikasi Bahan bakar minyak solar.
-Bahan bakar minyak solar diidentifikasi dengan tepat.		-Menjelaskan Bahan bakar minyak solar dengan benar.		

Pengetahuan bahan bakar mutlak harus dimiliki oleh awak kapal dalam bekerja di atas kapal. disamping itu awak kapal juga diharuskan mengetahui dan memahami tentang bahan bakar yang sering digunakan dalam bidang permesinan di kapal perikanan, untuk menghindari kesalahan dalam pemilihan bahan bakar yang digunakan di kapal.

Modul kompetensi bahan bakar ini pada dasarnya merupakan materi kurikulum yang berfungsi untuk mengembangkan kemampuan siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran, Program Keahlian Teknika Perikanan Laut untuk dapat mengidentifikasi dan memilih bahan pelumas yang sesuai untuk digunakan di kapal. Pada modul ini di dalamnya terdiri dari kode kompetensi, kompetensi, sub kompetensi, kriteria unjuk kerja, ruang lingkup kompetensi, pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

F. Cek Kemampuan

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi dan fraksi-fraksinya serta macam-macam bahan bakar, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Sebutkan fraksi-fraksi dari minyak bumi.
2. Sebutkan jenis bahan bakar yang sering digunakan motor.
3. Jelaskan keuntungan menggunakan bahan bakar cair dibandingkan dengan bahan bakar padat.
4. Apa yang dimaksud cetane number dan octane number.
5. Mengapa kadar belerang pada bahan bakar harus serendah mungkin.

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Kompetensi : Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran

Kode Kompetensi : TPL-Prod/H.04

Sub kompetensi : Mengidentifikasi Bahan Bakar

Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan guru
1. Minyak bumi dan fraksi-fraksinya					
2. Sifat-sifat bahan bakar bensin					
3. Sifat-sifat bahan bakar solar					
4. Pembakaran bahan bakar					

B. Kegiatan Belajar

1. Minyak Bumi dan Fraksi-fraksinya

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengklasifikasikan, memilih menentukan bahan bakar dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Berdasarkan teori, minyak bumi terbentuk dari proses pelapukan jasad renik (mikro organisme) yang terkubur di bawah tanah sejak berjuta-juta tahun yang lalu. Dua ratus juta tahun yang lalu bumi lebih panas dibandingkan sekarang dan laut yang didiami jasad renik berkulit keras sangat banyak jumlahnya. Jika jasad renik itu mati, kemudian membusuk sehingga jumlahnya makin lama semakin menumpuk, kemudian tertutup oleh sedimen, endapan dari sungai, atau batu-batuan yang berasal dari pergeseran atau pergerakan bumi. Disini kemudian terjadi pembusukan oleh bakteri anaerob dan akibat tekanan tinggi karena adanya sedimen atau batu-batuan yang berada di atasnya, maka setelah berjuta-juta tahun terbentuklah minyak bumi dan gas alam tersebut.

(1). Pembentukan Minyak Bumi.

Minyak bumi yang terbentuk kemungkinan terkumpul dalam pori-pori batuan sedimen laut, kemudian minyak bumi itu naik keatas melalui batuan sedimen. Akhirnya sampai pada bagian dasar sedimen yang tidak dapat ditembus dan membentuk akumulasi minyak dalam suatu perangkap yang biasa disebut dengan *oil trap*. gas alam di dalam bumi terdapat di atas lapisan minyak dan air di bawah lapisan minyak karena berat jenisnya lebih tinggi.

Proses pembentukan minyak bumi memerlukan waktu yang lama, maka minyak bumi digolongkan pada sumber daya alam yang tidak dapat

diperbaharui (nonrenewable). Oleh karena itu perlu penghematan dalam pemakaian minyak bumi.

(2). Daerah Penambangan Minyak Bumi di Indonesia.

Indonesia sebagai negara anggota OPEC merupakan salah satu negara pengekspor minyak bumi ke negara-negara lain.

Tabel 1. Minyak bumi yang diekspor.

No	Tahun	Jumlah ekspor (barell)
1.	1968	219.863.000
2.	1969	270.942.000
3.	1973	487.956.000

Ladang- ladang minyak yang sudah berproduksi di antaranya Biruen (aceh Utara) sampai Tanjung Oura (Sumatera Utara) dengan tambang-tambangnya di Pase, Peurelak dan Pangkalan Susu. Riau mulai dari sungai Rokan sampai sungai Siak dengan pusatnya di Plaju dan Sungai Gerong.

Di Kalimantan terdapat di daerah Balik Papan dengan pusat pengeboran di Sanga-sanga, Samboja, Anggani dan Tarakan dengan pusatnya di Pulau Bunyu dan Amuntai. Maluku terdapat di Pulau Seram, Irian Jaya di daerah Kepala Burung sedangkan di Pulau Jawa terdapat di karawang, Balongan, Cilacap, Cepu, Blora dan Wonokromo.

Jumlah ekspor minyak bumi Indonesia tiap tahunnya cenderung meningkat seperti dalam Tabel di atas, dikarenakan adanya berbagai penemuan ladang-ladang minyak bumi baru.

Ladang-ladang minyak bumi di Indonesia antara lain :

1. Ladang minyak bumi Sinta yang terletak di lepas pantai Lampung Selatan, produksinya mencapai 13.684.228 barel.
2. Ladang minyak bumi Arjuna terletak di lepas pantai utara Pulau Jawa, produksinya mencapai 23.357.059 barel.
3. Ladang minyak bumi Balongan di Jatibarang, produksinya mencapai 7.285.265 barel.
4. Ladang minyak bumi Kasim 3 terletak di bagian barat semenanjung Kepala Burung propinsi Irian Jaya, produksinya mencapai 3.425.062 barel.

(3). Pemisahan Fraksi-fraksi Minyak Bumi.

Minyak bumi adalah zat cair yang licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon, zat yang terdiri atas hydrogen dan karbon. Jumlah hidrokarbon dalam minyak berkisar antara 50 sampai 98%. Sisanya terdiri atas senyawa organik yang berisi oksigen, nitrogen atau belerang, air kapur, dan Lumpur tanah.

Dengan memisahkan hidrokarbon dari kotoran-kotoran (pada kilang-kilang) minyak diperoleh berbagai jenis bahan bakar, yakni bensin, minyak bakar, kerosin, dan sebagainya. Pada proses pembersihan ini terbentuk bahan sampingan gas. Gas ini disimpan dibawah tekanan pada botol-botol baja atau disalurkan langsung sebagai bahan bakar dalam keadaan cair. Endapannya terutama aspal digunakan untuk pengeras jalan dan paraffin digunakan untuk bahan perapat.

Hidrokarbon dikelompokkan menjadi ; paraffin (C_nH_{2n+2}), olefin dan naftena (C_nH_{2n-4}), diolefin (C_nH_{2n-2}), aromatik (C_nH_{2n-6}), dan aspaltik (C_nH_{2n-4}). Telah kita ketahui bahwa minyak bumi terdiri dari berbagai

campuran hidrokarbon. Komponen-komponen dari minyak bumi disebut juga dengan istilah fraksi-fraksi minyak bumi yang dapat dipisahkan satu dengan lain melalui proses penyulingan atau destilasi secara bertingkat berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponennya, seperti dalam gambar1.

Pengolahan minyak mentah (crude oil) ditujukan untuk :

1. membuang kotoran-kotoran yang terkandung dalam minyak mentah.
2. memisahkan minyak dalam beberapa komponen atau fraksi-fraksi.
3. merengkah fraksi-fraksi menjadi berbagai golongan minyak.

Cara pengolahan minyak mentah yang digunakan tergantung pada jenis minyak yang diinginkan. Adapun cara pengolahan minyak bumi yaitu melalui dengan cara distilasi dan merengkah.

Tujuan utama proses merengkah ini ialah untuk memperbaiki kualitas bahan bakar sehingga efisiensi mesin dapat diperbaiki. Untuk itu perbandingan komponen hidrokarbon diubah dan ukuran serta susunan molekul-molekulnya diatur. Molekul-molekul yang tidak diinginkan dikeluarkan. Pelaksanaan ini dilakukan dengan bantuan bahan kimia (merengkah katalis) atau dengan penaikan suhu (merengkah termis).

Pengilangan minyak dikerjakan dengan menggunakan kolom bertingkat dalam suatu proses destilasi, pada jarak tertentu, kolom-kolom dilengkapi dengan pelat-pelat yang berbentuk sungkup gelembung (*bubble cup*).

Pelat-pelat berguna untuk memisahkan fraksi-fraksi yang mempunyai kisaran titik didih tertentu. Mula-mula minyak mentah (*crude oil*) dipanaskan pada suhu sekitar 350⁰ C, kemudian dipompakan ke dalam kolom detilasi, sebagian dari minyak akan menguap dan naik ke atas melalui *bubble cup*.

Pada *bubble cup* ini uap minyak yang mempunyai titik didih tinggi diembunkan dan mencair. Uap yang tidak mencair akan naik terus ke atas dan akan mencair pada *bubble cup* di atasnya. Uap yang tidak mencair pada saat melalui *bubble cup* akan keluar langsung dari kolom bagian atas dan berbentuk gas.

Fraksi-fraksi yang diperoleh dari proses destilasi minyak bumi tersebut adalah :

1. Gas bumi terdiri dari campuran metana (CH_4), etana (C_2H_6), propane (C_3H_8), dan butana atau isobutana (C_4H_{10}). Campuran gas ini kemudian dicairkan pada tekanan tinggi dan dipertanggungjawabkan dengan nama LPG (liquefied petroleum gas). Gas yang terdapat dalam LPG umumnya merupakan campuran propane, butana, dan isobutana. LPG biasanya dikemas dalam botol-botol baja yang beratnya berkisar 15 kg dan banyak dipakai sebagai bahan bakar rumah tangga. Serta ada juga yang digunakan di industri dan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor.
2. Bensin diperoleh dari hasil destilasi pada temperatur antara 70 s/d 140^o C, bensin banyak digunakan sebagai bahan bakar mobil dan motor.
3. Nafta dikenal sebagai bensin berat dan diperoleh dari hasil destilasi yang mempunyai kisaran titik didih antara 140 s/d 180^o C. nafta banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan senyawa-senyawa kimia, misalnya etilena dan senyawa aromatik yang sering digunakan untuk zat aditif pada bensin.
4. Kerosin merupakan hasil destilasi yang mempunyai titik didih antara 180 s/d 250^o C. Kerosin banyak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga sehari-hari dan diperdagangkan dengan nama minyak tanah.

5. Minyak diesel merupakan fraksi dari minyak bumi yang mempunyai titik didih 250 s/d 3500 C, minyak diesel ini dipergunakan sebagai bahan bakar pada motor-motor diesel industri dan pesawat tenaga (*power plant*).
6. Paraffin dari fraksi yang menghasilkan minyak pelumas, paraffin cair dan padat, terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Paraffin padat sering dipergunakan sebagai bahan bakar.
7. Residu adalah hasil dari proses pengilangan/destilasi yang masih tertinggal dan menghasilkan petroleum asphalt yang banyak digunakan pada konstruksi jalan dan jembatan.

c. Rangkuman

1. Minyak bumi adalah campuran berbagai macam alkana mulai dari yang paling sederhana (metana, etana, propane, dan butana) sampai alkana yang berantai panjang lurus dan bercabang yaitu normal oktana dan isooktana.
2. Hidrokarbon alifatik tak jenuh sedikit sekali terdapat dalam minyak bumi karena mudah teradiasi.
3. Minyak bumi terbentuk melalui proses pelapukan dan pembusukan hewan dan tumbuhan renik di bawah tanah selama berjuta-juta tahun.
4. Untuk memisahkan fraksi-fraksi yang terdapat di dalam minyak bumi dilakukan dengan penyulingan (destilasi bertingkat)
5. Hasil destilasi minyak bumi dapat berupa gas, bensin, nafta, kerosin, minyak diesel, pelumas, paraffin dan residu.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Mengapa minyak bumi merupakan sumber energi yang penting.
2. Jelaskan teori tentang pembentukan minyak bumi.
3. Sebutkan daerah-daerah pengilangan minyak bumi di Indonesia.
4. Dengan cara bagaimanakah fraksi-fraksi minyak bumi itu dipisahkan dari minyak bumi.
5. Sebutkan fraksi-fraksi dari minyak bumi lengkap dengan kegunaannya.
6. Apakah yang dimaksud dengan bilangan oktana dan cetana.
7. Pada temperatur berapa bensin dihasilkan dari proses destilasi bertingkat.
8. Sebutkan fraksi-fraksi yang dihasilkan dari proses destilasi minyak bumi.
9. Jelaskan tujuan merengkah pada bahan bakar minyak.
10. LPG singkatan dari apa?

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori minyak bumi yang diuraikan sebelumnya.

e. Tes Formatif (H.04.1)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Nafta adalah fraksi yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi pada temperatur

 - a. 140-180⁰ C
 - b. 120-140⁰ C
 - c. 130-190⁰ C
 - d. 145-180⁰ C

2. Bahan bakar minyak (BBM) diperoleh dari minyak bumi berdasarkan perbedaan

 - a. titik beku
 - b. titik leleh
 - c. titik didih
 - d. kelarutan

3. Hasil destilasi minyak bumi yang titik didihnya paling rendah adalah

 - a. solar
 - b. bensin
 - c. kerosin
 - d. minyak pelumas

4. Fraksi minyak bumi yang dihasilkan pada suhu antara 250 s/d 350⁰ C adalah

 - a. gas alam
 - b. bensin
 - c. solar
 - d. nafta

5. Minyak bumi yang terbentuk di dalam perut bumi berasal dari

 - a. hewan laut yang membeku
 - b. hewan yang membusuk

- c. tumbuhan yang memfosil
 - d. jasad renik yang memfosil
6. Proses pengilangan minyak bumi (*petroleum oil*) disebut juga
- a. distilasi
 - b. distiling
 - c. destalasi
 - d. distalasi
7. Tujuan utama proses merengkah ialah untuk memperbaiki
- a. Kualitas bahan bakar.
 - a. Kualitas mesin.
 - b. Kualitas tenaga.
 - c. Kualitas campuran bahan bakar.
8. LPG biasanya dikemas dalam tabung/botol yang beratnya berkisar 15 kg dan banyak dipakai sebagai
- a. Bahan bakar industri
 - b. Bahan bakar rumah tangga.
 - c. Bahan bakar motor diesel
 - d. Bahan bakar ketel uap
9. Minyak bumi digolongkan pada sumber daya alam yang dapat diperbaharui
- a. Sangat
 - b. Mudah.
 - c. Dapat.
 - d. Tidak.
10. Minyak bumi adalah campuran berbagai macam
- a. Alkuna
 - b. Alkanal
 - c. Alkana
 - d. Alkena

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

- (1). Alat :
 - ? OHP
 - ? Papan tulis
 - ? Gambar kerja destilasi minyak bumi
- (2). Bahan yang digunakan adalah :
 - ? Modul.
 - ? Gambar kerja.
 - ? Bahan bakar solar dan bensin, minyak lumas,dll
 - ? Kain lap.
- (3). Langkah kerja :
 - ? fraksi-fraksi minyak bumi diidentifikasi.
 - ? Jenis-jenis bahan bakar dipilih.
 - ? Mengisi bahan bakar pada motor.
- (4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
 - ? Pakaian kerja.
 - ? Sarung tangan.
 - ? Sepatu kerja.
 - ? Alat pemadam kebakaran

2. Bahan Bakar Minyak Bensin

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengidentifikasi, dan memilih Serta menentukan bahan bakar bensin dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Bahan bakar yang digunakan pada motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) atau pada ketel uap dapat berbentuk padat, cair ataupun gas.

Bahan bakar padat dapat digunakan tetapi ada masalah dalam hal sistem pengabutannya, dan juga tentang sisa bahan bakar padat atau abu. Sehingga bahan bakar padat untuk saat ini tidak praktis, meskipun banyak percobaan-percobaan telah dan sedang dilakukan dalam pemanfaatan jenis bahan bakar ini.

Bahan bakar gas juga ada masalah tentang penanganan dan tempat penyimpanannya terutama bila menyangkut volume yang besar, harus menyediakan tangki-tangki besar dan bertekanan (*pressure vessels*), yang sangat memerlukan tempat yang luas dan pengawasan yang memadai.

Masalah serius bisa timbul untuk penyediaan bahan bakar untuk peralatan yang bergerak, tetapi jenis bahan bakar gas banyak membantu mengurangi atau menghilangkan problem start dari motor dan distribusinya dibanding dengan penggunaan bahan bakar cair atau bahan bakar minyak. Sehingga akibatnya bahan bakar gas kebanyakan digunakan pada *stationary power plant* yang lokasinya dekat dengan sumber bahan bakar jenis ini.

Bahan bakar gas ada juga yang dapat disimpan dalam bentuk cair dibawah tekanan tertentu, yang hal ini tentunya dapat mengurangi masalah

penyimpanan, tetapi cara demikian terutama untuk pemakaian yang besar memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Akibat dari hal-hal tersebut diatas kebanyakan motor pembakaran dalam menggunakan bahan bakar minyak yang merupakan hasil turunan dari petroleum atau minyak bumi. Pada daerah-daerah yang langka minyak bumi, maka bahan bakar cair diproses dari batu bara.

Proses demikian pada saat ini cukup mahal. Tetapi karena minyak bumi merupakan bahan yang dapat habis, maka maka proses pengolahan bahan bakar cair dari batu bara tentunya makin lama menjadi penting.

(1). Bahan Bakar Bensin.

Bahan bakar bensin atau minyak bakar yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasoline atau petrol. Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (blend) dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene dan aromatic dengan perbandingan yang bervariasi.

Bensin untuk kendaraan bermotor dan pembangkit tenaga stasioner dibedakan atas bensin reguler dan bensin premium.

(a). Bensin Reguler

Bensin reguler mengandung sedikit tetraethylead karena itu mempunyai kualitas anti ketukan yang lebih baik dari bensin putih. Bensin ini dapat dipakai untuk semua mesin kompresi tinggi untuk kendaraan berat pada kondisi biasa.

(b). Bensin Premium

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang lebih baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada semua kondisi. Sifat-sifat penting yang perlu diperhatikan pada bahan bakar bensin ialah kecepatan menguap,

kualitas ketukan (kecenderungan berdetonasi), kadar belerang, keamanan penyimpanan, kadar damar, titik beku, titik embun, titik nyala dan berat jenis.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan bensin adalah ;

(a). Volatility atau kecenderungan untuk menguap

Karena bensin adalah merupakan campuran dari banyak hydrocarbon dengan suhu penguapan yang berlainan, sehingga hasilnya juga akan mempunyai rentang suhu penguapan yang lebar. Dalam praktek salah satu cara untuk menentukan atau mengukur karakteristik volatility suatu bahan bakar ialah dengan suatu cara destilasi standard yang ditentukan oleh American Society for Testing Materials (ASTM).

Bensin tertentu dapat ditentukan apakah bensin tersebut memenuhi nilai volatility yang diperlukan. Volatility merupakan suatu sifat yang paling penting pada bensin, karena sangat berpengaruh pada pengoperasian dan pemeliharaan suatu motor, yang menyangkut hal-hal sebagai berikut.

? Pada waktu start dan pemanasan motor.

Agar memudahkan motor untuk di start, maka diperlukan agar bensin menguap pada suhu start, sehingga sebagian dari kurva destilasi antara 0 sampai 10 % bensin menguap, jadi harus menguap pada suhu relatif rendah. Pada waktu pemanasan motor suhu secara berangsur-angsur akan bertambah sampai suhu operasional.

? Kinerja operasional, akselerasi dan distribusi.

Penguapan yang baik cenderung menghasilkan distribusi uap bensin yang merata ke dalam silinder dan menghasilkan karakteristik akselerasi yang lebih baik.

? Pencemaran karter.

Didalam karter sama sekali tidak boleh ada bensin cair, karena akan mencemari minyak lumas yang ada didalamnya dan dapat menyapu minyak lumas yang menempel didinding silinder dan akan mengganggu pelumasannya. Untuk mencegah hal tersebut, bagian atas dari kurva destilasi harus menunjukkan suhu destilasi yang rendah agar semua bensin yang berada di dinding silinder cepat menguap.

(b). Kadar belerang

Kebanyakan bensin mengandung belerang yang cenderung membentuk suatu senyawa yang bersifat korosif, yang dapat merusak komponen-komponen motor. Sehingga kadar belerang harus dibatasi sekecil mungkin.

(c). Gum deposit

Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat yang lengket (gum). Zat lengket ini dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran pada motor.

(d). Anti knock quality

Dalam proses kerja motor bensin dapat terjadi apa yang disebut detonasi yaitu karena kondisi tekanan dan suhu tertentu, campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar dengan sendirinya (auto ignition), sehingga terjadi pelepasan energi yang besar dan cepat didalam ruang pembakaran, yang menimbulkan suara ketukan dan getaran. Terjadinya detonasi ini dapat dikurangi dengan menggunakan jenis bensin yang mempunyai anti knock rating yang lebih tinggi.

Bensin berasal dari kata Benzana (C_6H_6), bensin yang berisi alkana berantai lurus, kurang baik dipakai sebagai bahan bakar motor-motor bensin karena

bensin tersebut berkompresi tinggi sehingga menyebabkan ketukan/*knocking* pada mesin. Ketukan tersebut menyebabkan mesin sangat bergetar dan menjadi sangat panas sehingga besar kemungkinannya dapat merusak motor. Tetapi jika menggunakan bahan bakar bensin yang mengandung alkana bercabang (isooktana) maka peristiwa *knocking* akan berkurang. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (*Octane Number*). Sebagai contoh adalah bensin standar yang terdiri dari campuran normal heptana dan isooktana mempunyai angka oktana 100. bila untuk kerja suatu bensin sama dengan unjuk kerja campuran 80 % isooktana dan 20 % normal heptana, maka angka oktana bensin itu adalah 80.

Bensin yang diperdagangkan di Indonesia adalah premium. Premium memiliki bilangan oktana 82 dan bensin super mempunyai bilangan oktana 98. untuk meningkatkan mutu suatu bensin dilakukan dengan mencampurkan senyawa-senyawa tertentu pada bensin itu, misalnya Tetra Etil Lead (TEL). Ketika terbakar senyawa TEL cenderung bersenyawa dengan radikal karbon bercabang, hal ini sedikit memperlambat proses letupan, sehingga letupan menjadi lebih efisien.

Guna menghindari akumulasi timbal (Pb) dalam silinder piston, maka ditambahkan 1,2-dibromo etana ($\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$). Zat $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$ ini dapat menyebabkan terbentuknya senyawa PbBr_2 yang mudah menguap.

Senyawa timbal di udara sangat berbahaya, karena jika masuk dan berkumpul di dalam tubuh dapat mengakibatkan anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian. Agar kadar PbBr_2 di udara tidak terlalu tinggi harus diupayakan tidak menggunakan zat antiknocking dan sebagai gantinya digunakan berbagai senyawa hidrikarbon, baik aromatik atau alifatis.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pemakaian senyawa hidrokarbon jenuh dengan katalis AlCl_3 dan H_2SO_4 dapat menghasilkan hidrokarbon bercabang yang tidak terlalu berbahaya terhadap pencemaran lingkungan.

Pembakaran bahan bakar motor tidak selamanya berlangsung dengan sempurna, apabila pembakaran bahan bakar tersebut tidak sempurna akan menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang dalam bentuk gas dapat mencemari udara dan kadang-kadang menghasilkan partikel-partikel yang menimbulkan asap cukup tebal/hitam yang keluar dari saluran buang (*exhaust manifold*).

Tabel 1. Gas buang hasil pembakaran dari motor.

No	Gas buangan	Volume (%)
1.	Karbon dioksida (CO_2)	9
2.	Oksigen (O_2)	4
3.	Hidrogen (H_2)	2
4.	Karbon monoksida (CO)	4 s/d 9
5.	Hidrokarbon	0,2
6.	Aldehida	0,004
7.	Oksida nitrogen	0,05 s/d 0,4
8.	Belerang dioksida (SO_2)	0,06
9.	Ammonia (NH_3)	0,006
10.	Senyawa plumbum	4

Bensin disebut juga dengan kata lain Petrol atau Gasoline yaitu campuran berbagai hidrokarbon yang diperoleh melalui proses destilasi/pengilangan dari minyak mentah (*Crude Oil*). Kualitas dari bensin dinyatakan dengan angka oktannya (*Octane Number*).

Octane Number adalah persentase volume isooktane di dalam campuran isooktane dengan normal heptane yang menghasilkan intensitas knocking yang sama dengan bensin tersebut. Missal bensin dengan ON = 70, berarti bensin tersebut menghasilkan intensitas knocking yang sama dengan campuran dari 70 % isooktana dengan 30 % normal heptane (perbandingan volume). Nilai oktan (ON) suatu bahan bakar bensin menunjukkan bertambah tingginya daya pembakarannya (sifat anti knocking). Semakin tinggi nilai oktannya semakin baik perbandingan kompresinya (Compression Ratio). Besarnya perbandingan kompresi untuk motor bensin biasanya berkisar antara 6 s/d 8,5.

Tabel 3. Nilai oktan dari bahan bakar bensin :

NO	JENIS	NILAI OKTAN (ON)
1.	Aviation gas	100 s/d 120
2.	Super	92 s/d 100
3.	Premium	82 s/d 92
4.	Bensin	72 s/d 82

Kesalahan dalam pemilihan pemakaian bahan bakar dapat mempercepat rusaknya komponen mesin. Jadi perlu memperhatikan pemakaian bensin yang tepat untuk sebuah mesin, supaya mesin dapat memberikan performance yang maksimal dan dapat memperpanjang umur mesin (*life time*).

(2). Bahan Tambahan

Bahan tambahan berfungsi untuk menghambat terjadinya ketukan atau detonasi pada motor bensin. kegunaan bahan tambahan tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Pencegah oksidasi (oxidation inhibitor) untuk mencegah atau mengurangi pembentukan deposit (gum) selama penyimpanan di gudang.
2. Pencegah kerusakan logam, untuk melindungi bensin dari bahaya yang diakibatkan oleh logam-logam tertentu yang mungkin terbawa selama proses pembersihan atau di dalam system bahan bakar.
3. Pencegah pembentukan dingin, untuk mencegah permukaan menjadi dingin di dalam karburator dan pipa-pipanya dari system bahan bakar.
4. Pembersih (detergent), untuk menjamin agar karburator tetap bersih.
5. Senyawa fosfor untuk melindungi permukaan pengapian.

c. Rangkuman

1. Bahan bakar bensin atau minyak bakar yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasolin atau bensin.
2. Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (blend) dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene dan aromatic dengan perbandingan yang bervariasi.
3. Volatility merupakan suatu sifat yang paling penting pada bensin, karena sangat berpengaruh pada pengoperasian dan pemeliharaan suatu motor.
4. Penguapan yang baik cenderung menghasilkan distribusi uap bensin yang merata ke dalam silinder dan menghasilkan karakteristik akselerasi yang lebih baik.
5. Bensin yang mengandung belerang cenderung membentuk suatu senyawa yang bersifat korosif, yang dapat merusak komponen-

komponen motor. Sehingga kadar belerang harus dibatasi sekecil mungkin.

6. Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat yang lengket (gum). Zat lengket ini dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran pada motor.
7. Dalam proses kerja motor bensin dapat terjadi apa yang disebut detonasi.
8. Bensin berasal dari kata Benzana (C_6H_6), bensin yang berisi alkana berantai lurus, kurang baik dipakai sebagai bahan bakar motor-motor bensin karena bensin tersebut berkompresi tinggi sehingga menyebabkan ketukan/*knocking* pada mesin.
9. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (*Octane Number*).
10. Senyawa timbal di udara sangat berbahaya, karena jika masuk dan berkumpul di dalam tubuh dapat mengakibatkan anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Destilasi bahan bakar bensin pada kisaran suhu berapa.
2. Apa yang dimaksud dengan octane number.
3. Jelaskan yang dimaksud dengan detonasi.
4. Mengapa unsur belerang pada bensin harus serendah mungkin.
5. Sebutkan syarat-syarat bahan bakar bensin.

6. Sebutkan macam-macam bahan bakar bensin yang diperdagangkan di Indonesia,
7. jelaskan kegunaan bahan tambahan pada bensin.

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori bahan bakar bensin yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

e. Tes Formatif (H.04.2)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Bensin adalah fraksi yang dihasilkan distilasi pada suhu
 - a. 10-140⁰ C
 - b. 20-170⁰ C
 - c. 30-150⁰ C
 - d. 40-160⁰ C
2. Bahan bakar Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (*blend*) dari hasil pengilangan yang mengandung
 - a. parafin, haphthene dan aromatic.
 - b. parafin, naphthene dan aromatic
 - c. parafin, naphthene dan karomatic
 - d. parafin, saphthene dan aromatic

3. Bilangan oktan untuk bahan bakar minyak bensin disebut
 - a. cetane number
 - b. catana number
 - c. octane number
 - d. actanal num,ber
4. Suara ketukan dan getaran pada motor bensin disebut
 - a. detektor
 - b. deminator
 - c. deteksi
 - d. detonasi
5. Bahan bakar bensin mempunyai titik nyala pada suhu yang
 - a. rendah
 - b. sedang
 - c. lambat
 - d. tinggi
6. Proses pembakaran di dalam motor bensin akibat oleh
 - a. kompresi rendah
 - b. penyalaan busi
 - c. campuran udara
 - d. campuran bensin
7. Kadar belerang dalam bensin harus ... agar tidak bersifat korosif.
 - a. Tinggi.
 - b. Sedang.
 - c. Rendah.
 - d. Cukup.
8. Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat disebut ...
 - a. Zat lengket (gum).
 - b. Zat cair.
 - c. Zat kental

- d. Zat padat.
9. Yang dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran masuk dan buang pada motor adalah
- a. Asap.
 - b. Karbon.
 - c. Bahan bakar.
 - d. Pelumas.
10. Bensin yang mengandung senyawa timbal sangat berbahaya, karena jika masuk dan terserap di dalam tubuh dapat mengakibatkan ...
- a. Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kerusakan kulit.
 - b. Anemia, sakit kepala, dan kerusakan pada otak.
 - c. Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, dan kebutaan.
 - d. Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian.

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

(1). Alat :

- ? OHP
- ? Papan tulis
- ? Gambar kerja destilasi minyak bumi.
- ? Takaran minyak.
- ? Ember plastik.
- ? Selang plastik.
- ? Corong plastik

(2). Bahan yang digunakan adalah :

- ? Modul.
- ? Gambar kerja.
- ? Bahan bakar bensin.
- ? Kain lap.

(3). Langkah kerja :

- ? . Bahan bakar bensin diidentifikasi.
- ? Sifat-sifat bahan bakar diuraikan.
- ? Memilih dan menentukan bahan bakar bensin.

(4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

- ? Pakaian kerja.
- ? Sarung tangan.
- ? Sepatu kerja.
- ? Alat pemadam kebakaran

3. Bahan Bakar Minyak Solar

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengidentifikasi, dan memilih Serta menentukan bahan bakar solar dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran hidrokarbon, misalnya : benzine, pentane, hexane, toluene, propane dan butan. Senyawa yang membentuk minyak mentah diuapkan pada suhu tertentu, untuk memisahkan hidrokarbon, minyak mentah dipanaskan dan hidrokarbon yang berbeda dijadikan uap.

Senyawa hidrokarbon dengan titik didih yang rendah akan terbentuk/keluar pertama kali yang berupa gas alam (LPG) yang digunakan di rumah tangga dan industri. Jika perubahan fasa ini dapat terlaksana dengan sempurna, maka suhu ditingkat lagi untuk memperoleh hidrokarbon yang lebih tinggi lagi dari titik didihnya dan seterusnya hingga semua produksinya dari gasoline (bensin), kerosin, bahan bakar diesel, minyak pelumas, residu dan terakhir yaitu aspal.

Sebagai minyak mentah yang didestilasi dan diproses, maka yang terbentuk kira-kira 44% gasolin, 36% bahan bakar solar dan selebihnya adalah kerosin, minyak pelumas dan lainnya.

(1). Bahan Bakar Solar.

Solar atau minyak diesel adalah bahan bakar yang digunakan untuk motor diesel dimana proses pembakaran terjadi bukan oleh penyalaan busi tetapi terjadi karena tekanan kompresi yang tinggi di dalam silinder motor. Kualitas solar dinyatakan dengan angka cetane (*Cetane Number*).

Cetane Number (CN) adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnapthalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan.

Detonasi Diesel adalah ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak. Kelambatan penyalaan pada motor diesel juga tergantung dari jenis bahan bakarnya (CN) dan perbandingan kompresinya.

Bahan bakar diesel pada umumnya dibedakan berdasarkan aplikasinya yaitu:

1. Bahan bakar diesel otomotif sering disebut juga HSD (*high speed diesel*) atau minyak solar yaitu bahan bakar motor untuk putaran cepat.
2. Bahan bakar industri dan kapal atau minyak diesel yaitu bahan bakar motor untuk putaran menengah atau disebut LDF (*light diesel fuel*).
3. Bahan bakar diesel yang digunakan pada motor dengan putaran lambat atau disebut juga MDF (*medium diesel fuel*).

Suatu hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan bakar solar adalah kandungan prosentase sulfurnya harus rendah kurang dari 1 %, apabila lebih besar dari itu sulfur dapat cepat merusak bagian-bagian ruang bakar, kelep, kepala piston, ring, nozzle dan komponen lainnya.

Solar yang ada dipasaran Indonesia kandungan sulfurnya cukup rendah berkisar 0,3 % dan diproduksi oleh Pertamina yang bahan minyak mentahnya dari pengeboran minyak dalam negeri.. Solar yang beredar dipasaran mempunyai nilai cetane berkisar antara 30 s/d 60, dan diklasifikasikan seperti dalam Tabel 4.

Tabel 4. Jenis solar dan rata-rata angka Cetane.

NO	JENIS	NILAI CETANE (CN)
		RATA-RATA
1.	Light Diesel Fuel (LDF)	50
2.	Medium Diesel Fuel (MDF)	50
3.	Heavy Diesel Fuel (HDF)	35

(2). Sifat Bahan Bakar Solar

Beberapa sifat utama yang harus dipenuhi oleh minyak solar agar motor diesel dapat berfungsi dengan baik antara lain adalah :

(1). Sifat pembakaran

Sifat pembakaran bahan bakar diesel dinyatakan dengan angka cetana, yaitu menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya (auto ignition) dalam ruang bakar sebagai pengaruh tekanan dan suhu di ruang bakar. Sebagai alternatif lain untuk penentuan angka setane dipakai indeks setane atau indeks diesel yang didapat dengan cara perhitungan empiris. Indonesia menetapkan indeks cetane minimum 48 sebagai alternatif terhadap angka cetana 45 minimum.

(2). Sifat viskositas (kekentalan)

Sifat-sifat aliran dan viskositas bahan bakar berkaitan dengan mekanisme pemompaan dan atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Bahan bakar harus mudah dipompakan walaupun pada suhu udara dingin. Untuk itu dalam spesifikasi bahan bakar HSD di negara-negara ASEAN ditetapkan batasan minimum dan maksimum dari viskositas.

Viscosity atau viskositas minyak adalah suatu ukuran dari tahanan didalam minyak itu sendiri untuk mengalir. Pada umumnya viskositas dinyatakan dengan satuan waktu (detik), yang diperlukan oleh sejumlah minyak untuk mengalir melalui lubang laluan tertentu dan pada suhu tertentu pula. Bila viskositas diukur dengan cara tertentu, maka alat pengukur viskositas (viskosimeter) yang dipakai harus disebutkan. Jenis viskosimeter yang banyak digunakan adalah Engler (Jerman), Redwood (Inggris), Saybolt universal (Amerika) dan lain-lain.

(3). Sifat volatilitas (penguapan)

Volatility dari minyak diesel harus cukup selama dalam rentang suhu operasional untuk menghasilkan suatu campuran dan pembakaran yang baik, sehingga dapat mengurangi asap atau bau pada gas buang. Sifat penguapan bahan bakar merupakan sifat penting dalam pembentukan campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar. Proporsi bahan bakar dan udara harus berada dalam batas-batas yang dapat menimbulkan penyalaan dan suhunya harus berada diatas suhu penyalaan yang rendah.

Bila bahan bakar terlalu mudah menguap maka campuran bahan bakar dan udara tidak sempurna, ruang bakar dipenuhi fasa uap sehingga cairan bahan bakar akan berkurang, selain itu suhu campuran udara bahan bakar akan rendah.

Sebaliknya bila bahan bakar banyak mengandung bagian yang tidak menguap, karena campuran akan memerlukan waktu penyalaan yang terlalu lama sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna menyebabkan timbulnya endapan kerak didinding ruang bakar dan di kepala silinder.

Sifat penguapan berhubungan dengan keamanan dalam penyimpanan bahan bakar yaitu titik nyala (flash point), yang dalam spesifikasi Indonesia ditetapkan minimum 150⁰ F (66⁰ C).

(4). Sifat kebersihan dan korosifitas

Sifat-sifat kebersihan bahan bakar berhubungan dengan residu karbon, kandungan air, sedimen dan kandungan air yang dapat mengakibatkan pengotoran di ruang bakar.

Sifat-sifat korosifitas disebabkan oleh adanya uap air yang akan membentuk sulfat atau asam sulfat. Kedua asam ini bersifat korosif terhadap bagian ruang bakar, kepala silinder, katup-katup dan saluran gas buang. Batasan kandungan belerang dalam bahan bakar solar di Indonesia adalah 0,3% (cukup aman).

Sifat-sifat bahan bakar solar yang diproduksi harus sesuai dengan batas minimum dan maksimum dari spesifikasi yang telah ditentukan, karena sifat bahan bakar minyak solar sangat berpengaruh dalam penggunaannya pada motor, antara lain dapat menyebabkan kerusakan komponen mesin dan dapat menurunkan engine performance dan disamping itu dapat mempengaruhi pencemaran terhadap lingkungan.

Indonesia melalui Pertamina memproduksi tiga macam grade minyak diesel yang diperdagangkan berdasarkan untuk motor putaran tinggi (HSD), motor putaran menengah (LDF) dan motor putaran lambat (MDF). Masing-masing dari grade tersebut memiliki sifat-sifat tertentu dan ditetapkan dalam spesifikasi bahan bakar minyak Indonesia seperti dalam Tabel 5.

(5). Kadar belerang

Bahan bakar solar yang mengandung belerang berlebihan tidak baik digunakan sebagai bahan bakar diesel karena dapat menambah keausan ring piston dan cylinder liner, selain itu jika bahan bakar yang mengandung belerang terbakar dalam ruang bakar mesin dapat membentuk asam korosi. Asam ini akan mengikis permukaan logam dan menambah kerusakan mesin

serta terbentuknya kotoran yang menempel pada bagian dalam ruang bakar, kelep dan kepala silinder mesin.

Tabel 5. Perbandingan bahan bakar LDF, MDF dan HDF

No	LDF	MDF	HDF
1.	- Lebih encer	- Lebih kental	- Lebih kental
2.	- Agak jernih	- Agak gelap	- Agak gelap
3.	- Lebih ringan	- Lebih berat	- Lebih berat

(3). Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Tinggi

Pada umumnya minyak ringan dapat dipergunakan sebagai bahan bakar motor diesel, akan tetapi sebaiknya pergunkan bahan bakar yang sesuai dengan rekomendasi dari pabrik pembuat mesin tersebut untuk menghindari kerusakan.

Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel dapat berpengaruh besar terhadap kelambatan penyalaan dalam proses pembakarannya, untuk menghasilkan tingkat penyalan yang konstan pada motor diesel yaitu cetane ($C_{14}H_{34}$) dan yang sulit penyalaannya adalah methylnapthaline ($C_{10}H_{17}CH_{13}$).

Nilai cetana dari bahan bakar diesel dapat ditingkatkan dengan bahan aditive untuk mempermudah dalam penyalaan. Bahan additive yang sering digunakan dari unsur amylnitrate ($C_5H_{11}NO_2$) dan ethynitrate ($C_2H_5NO_2$).

Motor diesel putaran tinggi biasanya menggunakan bahan bakar dengan spesifikasi sebagai berikut ini.

1. Minyak ringan

Berat Jenis	: 0,83 s/d 0,89
Kekentalan	: Redwood 30 s/d 40 detik (30 ⁰ C)
Destilasi fraksional	: Penurunan pertama pada temperatur 210 ⁰ C

Bilangan cetana : 45 minimum

Reaksi	: Netral
Titik nyala	: 50 ⁰ C minimum
Kadar abu	: 0,03 % maksimum
Kadar belerang	: 0,7 % maksimum
Kadar air	: 0,1% maksimum
Titik mengalir	: -100 C maksimum
Nilai kalor	: 10.000 kcal/kg minimum

2. Minyak berat

Berat Jenis	: 0,83 s/d 0,89
Kekentalan	: Redwood 30 s/d 40 detik (50 ⁰ C)
Bilangan cetana	: 40 minimum
Reaksi	: Netral
Titik nyala	: 60 ⁰ C minimum
Kadar abu	: 0,03% maksimum
Kadar belerang	: 1,2% maksimum
Kadar air	: 0,1% maksimum
Titik terang	: -5 ⁰ C maksimum
Karbon residu	: 0,8% maksimum
Nilai kalor	: 10.000 kcal/kg minimum

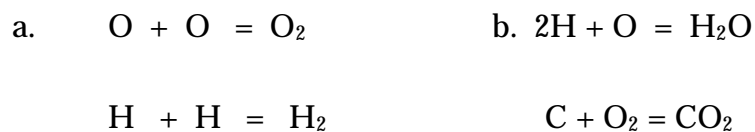
(4). Pembakaran Bahan Bakar

Bahan bakar pada umumnya terdiri dari unsur-unsur zat arang (C), zat air (H), zat asam (O), dan belerang (S). bahan bakar yang dipergunakan untuk pembakaran terdiri dari bagian-bagian kecil, yang disebut molekul. Molekul-molekul ini selanjutnya juga terdiri dari bagian-bagian yang lebih kecil lagi yang disebut atom.

Atom-atom ini dapat bersenyawa dengan atom-atom lain dan membentuk molekul-molekul. Dalam hal ini dapat terjadi dua kemungkinan :

- a. Beberapa atom yang sama bersenyawa menjadi molekul.
- b. Beberapa atom yang tidak sama bersenyawa menjadi molekul.

Contoh;



Yang disebut dengan berat atom ialah angka yang menunjukkan berapa atom dari unsur tersebut lebih berat dari berat atom zat air (H). berat atom oksigen (O) = 16 kali berat atom zat air (H). berat molekul suatu bahan adalah angka yang menunjukkan beberapa kali berat satu molekul bahan tersebut lebih berat dari atom H.

H₂ artinya 2 atom H, 2H₂ berarti 2 kali 1 mol H, yang terdiri dari 2 atom H yang sama dengan berat 4 atom H.

O₂ terdiri dari 2 atom O dan beratnya 2 x 16 kali berat atom H = 32 satu gramolekul sesuatu unsur adalah banyaknya gram yang sesuai dengan berat molekul unsur tersebut.

Menurut hukum Avogadro, bahwa untuk berbagai gas pada tekanan, suhu dan volume yang sama akan mempunyai jumlah molekul yang sama banyaknya, atau dengan kata lain, pada suhu dan tekanan yang sama maka gram molekul dari gas-gas mempunyai volume yang sama pula.

Pada suhu 0 °C dan tekanan 1 atmosfer (76 cm Hg) maka volume dari 1 gram molekul bahan berbentuk gas adalah 22,4 dm³ atau 1 kg molekul volumenya 22,4 m³. Volume gas pada suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut volume Normal dengan satuan Nm³.

Contoh :

No	Nama	Zat asam	Zat lemas	Zat arang monoxida	Zat arang dioxida	Belerang
1.	Simbol	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
2.	Berat mol	2x16=32	2x14=28	12+16=28	12+32=44	32+32=64

Zat asam O₂ pada 76 cm Hg dan 0 °C volumenya 22,4 dm³ atau 32 kg O₂ volumenya 22,4 Nm³ atau ;

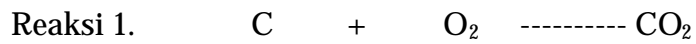
$$1 \text{ kg O}_2 \text{ volumenya } \frac{22,4}{32} \text{ Nm}^3$$

untuk sembarang gas pada 0 °C dan 76 cm Hg maka,

$$\text{Volume gas} = \frac{\text{Berat gas}}{\text{Berat mol}} \times 22,3 \text{ Nm}^3$$

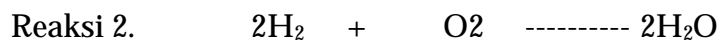
(5). Berat udara teoritis dan praktis

Bila susunan kimia dari suatu bahan bakar diketahui maka dapat dihitung jumlah O₂ dan juga udara yang diperlukan untuk pembakaran sempurna.



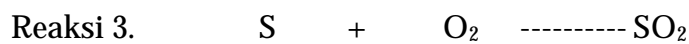
$$12 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 44 \text{ kg}$$

1 kg C memerlukan $\frac{8}{3}$ kg O₂



$$4 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 36 \text{ kg}$$

1 kg H₂ memerlukan 8 kg O₂



$$32 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 64 \text{ kg}$$

1 kg S memerlukan 1 kg O₂

Kalau sekarang dari 1 kg bahan bakar mempunyai susunan dalam % berat : c % C, h %H dan s % S, sedangkan udara mengandung dalam % berat 23% O₂ dan 77% N₂, maka jumlah O₂ yang diperlukan untuk pembakaran sempurna adalah ;

$$(c/100 \times \frac{8}{3} + h/100 \times 8 + s/100 \times 1) \text{ kg udara}$$

jumlah udara tersebut disebut jumlah udara teoritis karena tidak ada kerugian sama sekali. Jadi jumlah udara teoritis yang diperlukan untuk pembakaran ;

$$W \text{ teoritis} = \frac{1}{23} \left(\frac{8}{3} C + 8 h + S \right) \text{ kg udara}$$

kalau n adalah merupakan faktor udara, maka jumlah udara praktis yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

Jumlah udara praktis = jumlah udara teoritis x n

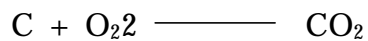
Nilai n = 1,2 – 1,4

Apabila kita mempunyai 1 kg bahan bakar dengan susunan terdiri dari 85% C, 11% H₂ dan 4% S dapat terbakar secara sempurna dengan faktor udara n = 1, maka jumlah udara teoritis yang diperlukan adalah,

$$W \text{ teoritis} = \left(\frac{1}{12} \times 85 + 8 \times \frac{11}{18} + 1 \times \frac{4}{32} \right) \text{ kg atau,}$$

$$= 13,8 \text{ kg.}$$

Dari reaksi terdahulu diketahui,



$$12 \text{ kg C} + 32 \text{ kg O}_2 = 44 \text{ kg CO}_2$$

12 kg C + 32 kg O₂ jadi 1 kg mol CO₂ atau volume 22,4 Nm³ CO₂, jadi,

12 kg C memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg C memerlukan 22,4/12 Nm³ O₂

0,85 kg C memerlukan 0,85 x 22,4/12 Nm³ O₂ atau 1,586 Nm³ O₂



$$4 \text{ kg H}_2 + 32 \text{ kg O}_2 = 36 \text{ kg H}_2\text{O}$$

4 kg H₂ memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg H₂ memerlukan 22,4/4 Nm³ O₂

0,11 kg H₂ memerlukan 0,11 x 22,4/4 Nm³ O₂ atau 0,616 Nm³ O₂



32 kg S + 32 kg O₂ = 64 kg SO₂

32 kg S memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg S memerlukan 22,4/4 Nm³ O₂

0,04 kg S memerlukan 22,4/32 x Nm³ O₂ atau 0,028 Nm³ O₂

Jumlah O₂ yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

1,586 Nm³ + 0,616 Nm³ + 0,0028 Nm³ O₂

udara yang mengandung (dalam % volume) 21% O₂ dan 79% N₂ jadi sekarang jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

100/21 x 2,23 Nm³ Udara.

Tetapi didalam udara tersebut juga ikut terbawa sejumlah N₂ yang volumenya;

79/21 x 2,23 Nm³ udara

jadi jumlah gas buang hasil pembakaran seluruhnya adalah

Co₂ + H₂O + SO₂ + N₂ sementara H₂O akan menguap,

1,586 Nm³ + 0,028 Nm³ + 8,29 = 10,004 Nm³

Kalau diperhitungkan jumlah CO₂ dalam gas buang adalah,

1,586 / 10,004 x 100 % = 15,8 %

karena dalam pembakaran tersebut factor udara $n = 1$, maka jumlah CO₂ diatas merupakan prosentasi atau kadar CO₂ maksimum.

Pada pembakaran dengan udara praktis yaitu $n > 1$, maka akibat pemakaian udara lebih, susunan gas buang akan terdiri dari CO₂, SO₂, N₂ juga O₂.

Sehingga kalau $n = 1,25$, maka contoh perhitungan di atas menjadi ;

Jumlah O ₂ yang diperlukan	= 2,23 Nm ³
Jumlah O ₂ yang ditambahkan $1,25 \times 2,23$	= 2,787 Nm ³
Kelebihan O ₂ yang diberikan $0,25 \times 2,23$	= 0,557 Nm ³
Jumlah N ₂ yang ditambahkan $79/21 \times 2,787$	= 10,484 Nm ³
Jumlah CO ₂ terbentuk	= 1,586 Nm ³
Jumlah SO ₂ terbentuk	= <u>0,028 Nm³</u>
Volume gas bebas	12,655 Nm ³

$$\text{Kadar CO}_2 = 1,586/12,655 \times 100\% = 12,53 \%$$

$$\text{Kadar O}_2 = 0,557/12,655 \times 100\% = 4,40 \%$$

$$\text{Kadar (CO}_2 + \text{O}_2) = 16,93 \%$$

Kalau sekarang nilai factor udara diturunkan menjadi $n = 1,20$

$$\text{CO}_2 \text{ yang dipakai} = 2,23 \text{ Nm}^3$$

$$\text{O}_2 \text{ yang ditambahkan } 1,2 \times 2,23 = 2,676 \text{ Nm}^3$$

$$\text{Kelebihan O}_2 \text{ } 0,2 \times 2,23 = 0,466 \text{ Nm}^3$$

N ₂ yang ditambahkan	$0,2 \times 2,676 =$	10,067 Nm ³
CO ₂ yang terbentuk	=	1,586 Nm ³
SO ₂ yang terbentuk	=	<u>0,028 Nm³</u>
Volume gas bebas	=	12,127 Nm ³

$$\text{Kadar CO}_2 = 1,586 / 12,27 \times 100\% = 13,07\%$$

$$\text{Kadar O}_2 = 0,446 / 12,27 \times 100\% = 3,67\%$$

$$\text{Kadar (CO}_2 + \text{O}_2) = 16,74\%$$

Bila melihat contoh diatas maka dengan penurunan factor udara dari 1,25 menjadi 1,20, ternyata bahwa ;

+ Kadar CO₂ bertambah

+ Kadar O₂ bertambah

+ Kadar (CO₂ + O₂) bertambah

+ Volume gas bebas berkurang

Kadar CO₂ merupakan factor yang penting untuk menentukan kerugian gas buang atau sering disebut kerugian cerobong.

(6). Kerugian cerobong

Kerugian cerobong adalah kerugian panas yang terbawa keluar bersama-sama gas buang disebut kerugian gas buang atau kerugian cerobong dalam % dapat dihitung dengan rumus :

$$K \text{ cerobong} = \frac{G \cdot (t_g - t_u)}{NP} \times 100\%$$

NP

dimana :

G = berat gas bebas + 1 kg bahan bakar dalam kg.

tg = suhu gas bebas dalam °C.

tu = suhu udara luar dalam °C.

? = panas jenis gas buang dalam kkal/kg. °C.

NP = Nilai Pembakaran dalam kkal/kg

Rumus tersebut dapat digunakan apabila komposisi bahan bakar diketahui dan juga faktor udaranya. Sedangkan di kapal pada umumnya ketentuan-ketentuan tersebut jarang atau tidak didapat.

Maka dari itu dengan cara mendekati, kerugian cerobong dapat dihitung dengan rumus Siegert yaitu,

$$K \text{ cerobong} = c \frac{tg - tu}{CO_2} \% NP$$

dimana :

c = suatu bilangan konstan, untuk bahan bakar cair c = 0,6.

tg = suhu gas buang dalam °C. untuk boiler suhu gas buang setelah economizer.

tu = suhu udara luar dalam °C. untuk boiler, suhu udara sebelum air heater.

CO₂ = nilai CO₂ yang diukur dari gas buang (dengan alat flue gas analyzer dari Orsat).

c. Rangkuman

1. Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran hidrokarbon, misalnya : benzine, pentane, hexane, toluene, propane dan butan.
2. Minyak mentah yang didestilasi dan diproses, maka yang terbentuk kira-kira 44% gasolin, 36% bahan bakar solar dan selebihnya adalah kerosin, minyak pelumas dan lainnya.
3. Cetane Number (CN) adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnaphtalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan.
4. Detonasi Diesel adalah ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak.
5. Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel dapat berpengaruh besar terhadap kelambatan penyalaan dalam proses pembakarannya.
6. Bahan bakar solar yang digunakan untuk motor diesel harus mempunyai syarat-syarat yang sesuai sebagai bahan bakar.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Jelaskan proses pembuatan bahan bakar solar dari minyak bumi.
2. Apa yang dimaksud Cetane Number.

3. Sebutkan bahan bakar diesel berdasarkan aplikasinya.
4. Ada beberapa sifat bahan bakar yang utama harus dipenuhi, sebutkan.
5. Jelaskan yang dimaksud viskositas bahan bakar.
6. Mengapa bahan bakar solar harus mengandung belerang yang sangat rendah.
7. Bahan bakar jenis apa yang digunakan untuk motor diesel putaran tinggi.
8. Sebutkan unsur utama pada bahan bakar minyak solar.
9. Bagaimana cara menghitung volume gas bebas.
10. Jelaskan cara menghitung kerugian cerobong.

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori bahan bakar solar yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

e. Tes Formatif (H.04.3)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Penyulingan minyak bumi menghasilkan bermacam-macam zat sesuai dengan penggunaannya. Minyak solar adalah fraksi yang dihasilkan pada suhu kira-kira
 - a. 250-350⁰ C
 - b. 200-350⁰ C
 - c. 190-360⁰ C
 - d. 250-360⁰ C

2. Ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak disebut....
 - a. detektor
 - b. detonasi
 - c. dedikasi
 - d. deformasi
3. Unsur kimia dalam bahan bakar minyak solar yang harus sangat rendah adalah
 - a. chlorida
 - b. fospor
 - c. belerang
 - d. zat besi
4. Alat yang digunakan untuk mengukur gas buang adalah
 - a. flue exhaust analyzer
 - b. flue analyzer gas
 - c. flue gas analyzer
 - d. flue exhaust gas
5. Alat untuk mengukur kekentalan bahan bakar solar adalah
 - a. pisiometer
 - b. psikomotor
 - c. psikometer
 - d. viskosimeter
6. Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran
 - a. Hidrokarbon.
 - b. Hidrogen.
 - c. Hidroksida.
 - d. Hibrida.

7. Kerugian panas yang terbawa keluar bersama-sama gas buang disebut
- Kerugian panas.
 - Kerugian gesekan.
 - Kerugian pembuangan.
 - Kerugian cerobong.
8. Alat untuk mengukur gas buang suatu motor adalah ...
- Exhaust gas analyzer dari Orsat
 - Flue gas analyzer dari Orsat
 - Flue gas dari Orsat
 - flue analyzer gas dari Orsat
9. Bilangan konstanta untuk bahan bakar cair adalah
- 0,6
 - 0,7
 - 0,8
 - 0,9
10. Bahwa untuk berbagai gas pada tekanan, suhu dan volume yang sama akan mempunyai jumlah molekul yang sama banyaknya.
- Menurut hukum kekekalan energi.
 - Menurut hukum ohm.
 - Menurut hukum Arsimides
 - Menurut hukum Avogadro

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

(1). Alat :

- ? OHP
- ? Papan tulis
- ? Viskosimeter
- ? Gambar kerja destilasi minyak bumi
- ? Takaran minyak.
- ? Ember plastik.
- ? Selang plastik.
- ? Corong
- ? plastik

(2). Bahan yang digunakan adalah :

- ? Modul.
- ? Gambar kerja.
- ? Bahan bakar solar
- ? Kain lap.

(3). Langkah kerja :

- ? . Bahan bakar solar diidentifikasi.
- ? Sifat-sifat bahan bakar diuraikan.
- ? Memilih dan menentukan bahan bakar solar.

(4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

- ? Pakaian kerja.
- ? Sarung tangan.
- ? Sepatu kerja.
- ? Alat pemadam kebakaran

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Kompetensi : Teknologi Bahan dan Teknik Pengukuran

Kode Kompetensi : TPL-Prod/H.04

Sub kompetensi : Mengidentifikasi Bahan Bakar

Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan guru
1. Minyak bumi dan fraksi-fraksinya					
2. Sifat-sifat bahan bakar bensin					
3. Sifat-sifat bahan bakar solar					
4. Pembakaran bahan bakar					

B. Kegiatan Belajar

1. Minyak Bumi dan Fraksi-fraksinya

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengklasifikasikan, memilih menentukan bahan bakar dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Berdasarkan teori, minyak bumi terbentuk dari proses pelapukan jasad renik (mikro organisme) yang terkubur di bawah tanah sejak berjuta-juta tahun yang lalu. Dua ratus juta tahun yang lalu bumi lebih panas dibandingkan sekarang dan laut yang didiami jasad renik berkulit keras sangat banyak jumlahnya. Jika jasad renik itu mati, kemudian membusuk sehingga jumlahnya makin lama semakin menumpuk, kemudian tertutup oleh sedimen, endapan dari sungai, atau batu-batuan yang berasal dari pergeseran atau pergerakan bumi. Disini kemudian terjadi pembusukan oleh bakteri anaerob dan akibat tekanan tinggi karena adanya sedimen atau batu-batuan yang berada di atasnya, maka setelah berjuta-juta tahun terbentuklah minyak bumi dan gas alam tersebut.

(1). Pembentukan Minyak Bumi.

Minyak bumi yang terbentuk kemungkinan terkumpul dalam pori-pori batuan sedimen laut, kemudian minyak bumi itu naik keatas melalui batuan sedimen. Akhirnya sampai pada bagian dasar sedimen yang tidak dapat ditembus dan membentuk akumulasi minyak dalam suatu perangkap yang biasa disebut dengan *oil trap*. gas alam di dalam bumi terdapat di atas lapisan minyak dan air di bawah lapisan minyak karena berat jenisnya lebih tinggi.

Proses pembentukan minyak bumi memerlukan waktu yang lama, maka minyak bumi digolongkan pada sumber daya alam yang tidak dapat

diperbaharui (nonrenewable). Oleh karena itu perlu penghematan dalam pemakaian minyak bumi.

(2). Daerah Penambangan Minyak Bumi di Indonesia.

Indonesia sebagai negara anggota OPEC merupakan salah satu negara pengekspor minyak bumi ke negara-negara lain.

Tabel 1. Minyak bumi yang diekspor.

No	Tahun	Jumlah ekspor (barel)
1.	1968	219.863.000
2.	1969	270.942.000
3.	1973	487.956.000

Ladang- ladang minyak yang sudah berproduksi di antaranya Biruen (aceh Utara) sampai Tanjung Oura (Sumatera Utara) dengan tambang-tambangnya di Pase, Peurelak dan Pangkalan Susu. Riau mulai dari sungai Rokan sampai sungai Siak dengan pusatnya di Plaju dan Sungai Gerong.

Di Kalimantan terdapat di daerah Balik Papan dengan pusat pengeboran di Sanga-sanga, Samboja, Anggani dan Tarakan dengan pusatnya di Pulau Bunyu dan Amuntai. Maluku terdapat di Pulau Seram, Irian Jaya di daerah Kepala Burung sedangkan di Pulau Jawa terdapat di karawang, Balongan, Cilacap, Cepu, Blora dan Wonokromo.

Jumlah ekspor minyak bumi Indonesia tiap tahunnya cenderung meningkat seperti dalam Tabel di atas, dikarenakan adanya berbagai penemuan ladang-ladang minyak bumi baru.

Ladang-ladang minyak bumi di Indonesia antara lain :

1. Ladang minyak bumi Sinta yang terletak di lepas pantai Lampung Selatan, produksinya mencapai 13.684.228 barel.
2. Ladang minyak bumi Arjuna terletak di lepas pantai utara Pulau Jawa, produksinya mencapai 23.357.059 barel.
3. Ladang minyak bumi Balongan di Jatibarang, produksinya mencapai 7.285.265 barel.
4. Ladang minyak bumi Kasim 3 terletak di bagian barat semenanjung Kepala Burung propinsi Irian Jaya, produksinya mencapai 3.425.062 barel.

(3). Pemisahan Fraksi-fraksi Minyak Bumi.

Minyak bumi adalah zat cair yang licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon, zat yang terdiri atas hydrogen dan karbon. Jumlah hidrokarbon dalam minyak berkisar antara 50 sampai 98%. Sisanya terdiri atas senyawa organik yang berisi oksigen, nitrogen atau belerang, air kapur, dan Lumpur tanah.

Dengan memisahkan hidrokarbon dari kotoran-kotoran (pada kilang-kilang) minyak diperoleh berbagai jenis bahan bakar, yakni bensin, minyak bakar, kerosin, dan sebagainya. Pada proses pembersihan ini terbentuk bahan sampingan gas. Gas ini disimpan dibawah tekanan pada botol-botol baja atau disalurkan langsung sebagai bahan bakar dalam keadaan cair. Endapannya terutama aspal digunakan untuk pengeras jalan dan paraffin digunakan untuk bahan perapat.

Hidrokarbon dikelompokkan menjadi ; paraffin (C_nH_{2n+2}), olefin dan naftena (C_nH_{2n-4}), diolefin (C_nH_{2n-2}), aromatik (C_nH_{2n-6}), dan aspaltik (C_nH_{2n-4}). Telah kita ketahui bahwa minyak bumi terdiri dari berbagai

campuran hidrokarbon. Komponen-komponen dari minyak bumi disebut juga dengan istilah fraksi-fraksi minyak bumi yang dapat dipisahkan satu dengan lain melalui proses penyulingan atau destilasi secara bertingkat berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponennya, seperti dalam gambar1.

Pengolahan minyak mentah (crude oil) ditujukan untuk :

1. membuang kotoran-kotoran yang terkandung dalam minyak mentah.
2. memisahkan minyak dalam beberapa komponen atau fraksi-fraksi.
3. merengkah fraksi-fraksi menjadi berbagai golongan minyak.

Cara pengolahan minyak mentah yang digunakan tergantung pada jenis minyak yang diinginkan. Adapun cara pengolahan minyak bumi yaitu melalui dengan cara distilasi dan merengkah.

Tujuan utama proses merengkah ini ialah untuk memperbaiki kualitas bahan bakar sehingga efisiensi mesin dapat diperbaiki. Untuk itu perbandingan komponen hidrokarbon diubah dan ukuran serta susunan molekul-molekulnya diatur. Molekul-molekul yang tidak diinginkan dikeluarkan. Pelaksanaan ini dilakukan dengan bantuan bahan kimia (merengkah katalis) atau dengan penaikan suhu (merengkah termis).

Pengilangan minyak dikerjakan dengan menggunakan kolom bertingkat dalam suatu proses destilasi, pada jarak tertentu, kolom-kolom dilengkapi dengan pelat-pelat yang berbentuk sungkup gelembung (*bubble cup*).

Pelat-pelat berguna untuk memisahkan fraksi-fraksi yang mempunyai kisaran titik didih tertentu. Mula-mula minyak mentah (*crude oil*) dipanaskan pada suhu sekitar 350⁰ C, kemudian dipompakan ke dalam kolom detilasi, sebagian dari minyak akan menguap dan naik ke atas melalui *bubble cup*.

Pada *bubble cup* ini uap minyak yang mempunyai titik didih tinggi diembunkan dan mencair. Uap yang tidak mencair akan naik terus ke atas dan akan mencair pada *bubble cup* di atasnya. Uap yang tidak mencair pada saat melalui *bubble cup* akan keluar langsung dari kolom bagian atas dan berbentuk gas.

Fraksi-fraksi yang diperoleh dari proses destilasi minyak bumi tersebut adalah :

1. Gas bumi terdiri dari campuran metana (CH_4), etana (C_2H_6), propane (C_3H_8), dan butana atau isobutana (C_4H_{10}). Campuran gas ini kemudian dicairkan pada tekanan tinggi dan dipertanggungjawabkan dengan nama LPG (liquefied petroleum gas). Gas yang terdapat dalam LPG umumnya merupakan campuran propane, butana, dan isobutana. LPG biasanya dikemas dalam botol-botol baja yang beratnya berkisar 15 kg dan banyak dipakai sebagai bahan bakar rumah tangga. Serta ada juga yang digunakan di industri dan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor.
2. Bensin diperoleh dari hasil destilasi pada temperatur antara 70 s/d 140^o C, bensin banyak digunakan sebagai bahan bakar mobil dan motor.
3. Nafta dikenal sebagai bensin berat dan diperoleh dari hasil destilasi yang mempunyai kisaran titik didih antara 140 s/d 180^o C. nafta banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan senyawa-senyawa kimia, misalnya etilena dan senyawa aromatik yang sering digunakan untuk zat aditif pada bensin.
4. Kerosin merupakan hasil destilasi yang mempunyai titik didih antara 180 s/d 250^o C. Kerosin banyak digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga sehari-hari dan diperdagangkan dengan nama minyak tanah.

5. Minyak diesel merupakan fraksi dari minyak bumi yang mempunyai titik didih 250 s/d 3500 C, minyak diesel ini dipergunakan sebagai bahan bakar pada motor-motor diesel industri dan pesawat tenaga (*power plant*).
6. Paraffin dari fraksi yang menghasilkan minyak pelumas, paraffin cair dan padat, terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Paraffin padat sering dipergunakan sebagai bahan bakar.
7. Residu adalah hasil dari proses pengilangan/destilasi yang masih tertinggal dan menghasilkan petroleum asphalt yang banyak digunakan pada konstruksi jalan dan jembatan.

c. Rangkuman

1. Minyak bumi adalah campuran berbagai macam alkana mulai dari yang paling sederhana (metana, etana, propane, dan butana) sampai alkana yang berantai panjang lurus dan bercabang yaitu normal oktana dan isooktana.
2. Hidrokarbon alifatis tak jenuh sedikit sekali terdapat dalam minyak bumi karena mudah teradisi.
3. Minyak bumi terbentuk melalui proses pelapukan dan pembusukan hewan dan tumbuhan renik di bawah tanah selama berjuta-juta tahun.
4. Untuk memisahkan fraksi-fraksi yang terdapat di dalam minyak bumi dilakukan dengan penyulingan (destilasi bertingkat)
5. Hasil destilasi minyak bumi dapat berupa gas, bensin, nafta, kerosin, minyak diesel, pelumas, paraffin dan residu.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Mengapa minyak bumi merupakan sumber energi yang penting.
2. Jelaskan teori tentang pembentukan minyak bumi.
3. Sebutkan daerah-daerah pengilangan minyak bumi di Indonesia.
4. Dengan cara bagaimanakah fraksi-fraksi minyak bumi itu dipisahkan dari minyak bumi.
5. Sebutkan fraksi-fraksi dari minyak bumi lengkap dengan kegunaannya.
6. Apakah yang dimaksud dengan bilangan oktana dan cetana.
7. Pada temperatur berapa bensin dihasilkan dari proses destilasi bertingkat.
8. Sebutkan fraksi-fraksi yang dihasilkan dari proses destilasi minyak bumi.
9. Jelaskan tujuan merengkah pada bahan bakar minyak.
10. LPG singkatan dari apa?

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori minyak bumi yang diuraikan sebelumnya.

e. Tes Formatif (H.04.1)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Nafta adalah fraksi yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi pada temperatur
 - a. 140-180⁰ C
 - b. 120-140⁰ C
 - c. 130-190⁰ C
 - d. 145-180⁰ C
2. Bahan bakar minyak (BBM) diperoleh dari minyak bumi berdasarkan perbedaan
 - a. titik beku
 - b. titik leleh
 - c. titik didih
 - d. kelarutan
3. Hasil destilasi minyak bumi yang titik didihnya paling rendah adalah
 - a. solar
 - b. bensin
 - c. kerosin
 - d. minyak pelumas
4. Fraksi minyak bumi yang dihasilkan pada suhu antara 250 s/d 350⁰ C adalah
 - a. gas alam
 - b. bensin
 - c. solar
 - d. nafta
5. Minyak bumi yang terbentuk di dalam perut bumi berasal dari
 - a. hewan laut yang membeku
 - b. hewan yang membusuk

- c. tumbuhan yang memfosil
 - d. jasad renik yang memfosil
6. Proses pengilangan minyak bumi (*petroleum oil*) disebut juga
- a. distilasi
 - b. distiling
 - c. destalasi
 - d. distalasi
7. Tujuan utama proses merengkah ialah untuk memperbaiki
- a. Kualitas bahan bakar.
 - a. Kualitas mesin.
 - b. Kualitas tenaga.
 - c. Kualitas campuran bahan bakar.
8. LPG biasanya dikemas dalam tabung/botol yang beratnya berkisar 15 kg dan banyak dipakai sebagai
- a. Bahan bakar industri
 - b. Bahan bakar rumah tangga.
 - c. Bahan bakar motor diesel
 - d. Bahan bakar ketel uap
9. Minyak bumi digolongkan pada sumber daya alam yang dapat diperbaharui
- a. Sangat
 - b. Mudah.
 - c. Dapat.
 - d. Tidak.
10. Minyak bumi adalah campuran berbagai macam
- a. Alkuna
 - b. Alkanal
 - c. Alkana
 - d. Alkena

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

- (1). Alat :
 - ? OHP
 - ? Papan tulis
 - ? Gambar kerja destilasi minyak bumi
- (2). Bahan yang digunakan adalah :
 - ? Modul.
 - ? Gambar kerja.
 - ? Bahan bakar solar dan bensin, minyak lumas,dll
 - ? Kain lap.
- (3). Langkah kerja :
 - ? fraksi-fraksi minyak bumi diidentifikasi.
 - ? Jenis-jenis bahan bakar dipilih.
 - ? Mengisi bahan bakar pada motor.
- (4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
 - ? Pakaian kerja.
 - ? Sarung tangan.
 - ? Sepatu kerja.
 - ? Alat pemadam kebakaran

2. Bahan Bakar Minyak Bensin

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengidentifikasi, dan memilih Serta menentukan bahan bakar bensin dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Bahan bakar yang digunakan pada motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) atau pada ketel uap dapat berbentuk padat, cair ataupun gas.

Bahan bakar padat dapat digunakan tetapi ada masalah dalam hal sistem pengabutannya, dan juga tentang sisa bahan bakar padat atau abu. Sehingga bahan bakar padat untuk saat ini tidak praktis, meskipun banyak percobaan-percobaan telah dan sedang dilakukan dalam pemanfaatan jenis bahan bakar ini.

Bahan bakar gas juga ada masalah tentang penanganan dan tempat penyimpanannya terutama bila menyangkut volume yang besar, harus menyediakan tangki-tangki besar dan bertekanan (*pressure vessels*), yang sangat memerlukan tempat yang luas dan pengawasan yang memadai.

Masalah serius bisa timbul untuk penyediaan bahan bakar untuk peralatan yang bergerak, tetapi jenis bahan bakar gas banyak membantu mengurangi atau menghilangkan problem start dari motor dan distribusinya dibanding dengan penggunaan bahan bakar cair atau bahan bakar minyak. Sehingga akibatnya bahan bakar gas kebanyakan digunakan pada *stationary power plant* yang lokasinya dekat dengan sumber bahan bakar jenis ini.

Bahan bakar gas ada juga yang dapat disimpan dalam bentuk cair dibawah tekanan tertentu, yang hal ini tentunya dapat mengurangi masalah

penyimpanan, tetapi cara demikian terutama untuk pemakaian yang besar memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Akibat dari hal-hal tersebut diatas kebanyakan motor pembakaran dalam menggunakan bahan bakar minyak yang merupakan hasil turunan dari petroleum atau minyak bumi. Pada daerah-daerah yang langka minyak bumi, maka bahan bakar cair diproses dari batu bara.

Proses demikian pada saat ini cukup mahal. Tetapi karena minyak bumi merupakan bahan yang dapat habis, maka maka proses pengolahan bahan bakar cair dari batu bara tentunya makin lama menjadi penting.

(1). Bahan Bakar Bensin.

Bahan bakar bensin atau minyak bakar yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasoline atau petrol. Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (blend) dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene dan aromatic dengan perbandingan yang bervariasi.

Bensin untuk kendaraan bermotor dan pembangkit tenaga stasioner dibedakan atas bensin reguler dan bensin premium.

(a). Bensin Reguler

Bensin reguler mengandung sedikit tetraethylead karena itu mempunyai kualitas anti ketukan yang lebih baik dari bensin putih. Bensin ini dapat dipakai untuk semua mesin kompresi tinggi untuk kendaraan berat pada kondisi biasa.

(b). Bensin Premium

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang lebih baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada semua kondisi. Sifat-sifat penting yang perlu diperhatikan pada bahan bakar bensin ialah kecepatan menguap,

kualitas ketukan (kecenderungan berdetonasi), kadar belerang, keamanan penyimpanan, kadar damar, titik beku, titik embun, titik nyala dan berat jenis.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan bensin adalah ;

(a). Volatility atau kecenderungan untuk menguap

Karena bensin adalah merupakan campuran dari banyak hydrocarbon dengan suhu penguapan yang berlainan, sehingga hasilnya juga akan mempunyai rentang suhu penguapan yang lebar. Dalam praktek salah satu cara untuk menentukan atau mengukur karakteristik volatility suatu bahan bakar ialah dengan suatu cara destilasi standard yang ditentukan oleh American Society for Testing Materials (ASTM).

Bensin tertentu dapat ditentukan apakah bensin tersebut memenuhi nilai volatility yang diperlukan. Volatility merupakan suatu sifat yang paling penting pada bensin, karena sangat berpengaruh pada pengoperasian dan pemeliharaan suatu motor, yang menyangkut hal-hal sebagai berikut.

? Pada waktu start dan pemanasan motor.

Agar memudahkan motor untuk di start, maka diperlukan agar bensin menguap pada suhu start, sehingga sebagian dari kurva destilasi antara 0 sampai 10 % bensin menguap, jadi harus menguap pada suhu relatif rendah. Pada waktu pemanasan motor suhu secara berangsur-angsur akan bertambah sampai suhu operasional.

? Kinerja operasional, akselerasi dan distribusi.

Penguapan yang baik cenderung menghasilkan distribusi uap bensin yang merata ke dalam silinder dan menghasilkan karakteristik akselerasi yang lebih baik.

? Pencemaran karter.

Didalam karter sama sekali tidak boleh ada bensin cair, karena akan mencemari minyak lumas yang ada didalamnya dan dapat menyapu minyak lumas yang menempel didinding silinder dan akan mengganggu pelumasannya. Untuk mencegah hal tersebut, bagian atas dari kurva destilasi harus menunjukkan suhu destilasi yang rendah agar semua bensin yang berada di dinding silinder cepat menguap.

(b). Kadar belerang

Kebanyakan bensin mengandung belerang yang cenderung membentuk suatu senyawa yang bersifat korosif, yang dapat merusak komponen-komponen motor. Sehingga kadar belerang harus dibatasi sekecil mungkin.

(c). Gum deposit

Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat yang lengket (gum). Zat lengket ini dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran pada motor.

(d). Anti knock quality

Dalam proses kerja motor bensin dapat terjadi apa yang disebut detonasi yaitu karena kondisi tekanan dan suhu tertentu, campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar dengan sendirinya (auto ignition), sehingga terjadi pelepasan energi yang besar dan cepat didalam ruang pembakaran, yang menimbulkan suara ketukan dan getaran. Terjadinya detonasi ini dapat dikurangi dengan menggunakan jenis bensin yang mempunyai anti knock rating yang lebih tinggi.

Bensin berasal dari kata Benzana (C_6H_6), bensin yang berisi alkana berantai lurus, kurang baik dipakai sebagai bahan bakar motor-motor bensin karena

bensin tersebut berkompresi tinggi sehingga menyebabkan ketukan/*knocking* pada mesin. Ketukan tersebut menyebabkan mesin sangat bergetar dan menjadi sangat panas sehingga besar kemungkinannya dapat merusak motor. Tetapi jika menggunakan bahan bakar bensin yang mengandung alkana bercabang (isooktana) maka peristiwa knocking akan berkurang. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (*Octane Number*). Sebagai contoh adalah bensin standar yang terdiri dari campuran normal heptana dan isooktana mempunyai angka oktana 100. bila untuk kerja suatu bensin sama dengan unjuk kerja campuran 80 % isooktana dan 20 % normal heptana, maka angka oktana bensin itu adalah 80.

Bensin yang diperdagangkan di Indonesia adalah premium. Premium memiliki bilangan oktana 82 dan bensin super mempunyai bilangan oktana 98. untuk meningkatkan mutu suatu bensin dilakukan dengan mencampurkan senyawa-senyawa tertentu pada bensin itu, misalnya Tetra Etil Lead (TEL). Ketika terbakar senyawa TEL cenderung bersenyawa dengan radikal karbon bercabang, hal ini sedikit memperlambat proses letupan, sehingga letupan menjadi lebih efisien.

Guna menghindari akumulasi timbal (Pb) dalam silinder piston, maka ditambahkan 1,2-dibromo etana ($\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$). Zat $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$ ini dapat menyebabkan terbentuknya senyawa PbBr_2 yang mudah menguap.

Senyawa timbal di udara sangat berbahaya, karena jika masuk dan berkumpul di dalam tubuh dapat mengakibatkan anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian. Agar kadar PbBr_2 di udara tidak terlalu tinggi harus diupayakan tidak menggunakan zat antiknocking dan sebagai gantinya digunakan berbagai senyawa hidrikarbon, baik aromatik atau alifatis.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pemakaian senyawa hidrokarbon jenuh dengan katalis AlCl_3 dan H_2SO_4 dapat menghasilkan hidrokarbon bercabang yang tidak terlalu berbahaya terhadap pencemaran lingkungan.

Pembakaran bahan bakar motor tidak selamanya berlangsung dengan sempurna, apabila pembakaran bahan bakar tersebut tidak sempurna akan menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang dalam bentuk gas dapat mencemari udara dan kadang-kadang menghasilkan partikel-partikel yang menimbulkan asap cukup tebal/hitam yang keluar dari saluran buang (*exhaust manifold*).

Tabel 1. Gas buang hasil pembakaran dari motor.

No	Gas buangan	Volume (%)
1.	Karbon dioksida (CO_2)	9
2.	Oksigen (O_2)	4
3.	Hidrogen (H_2)	2
4.	Karbon monoksida (CO)	4 s/d 9
5.	Hidrokarbon	0,2
6.	Aldehida	0,004
7.	Oksida nitrogen	0,05 s/d 0,4
8.	Belerang dioksida (SO_2)	0,06
9.	Ammonia (NH_3)	0,006
10.	Senyawa plumbum	4

Bensin disebut juga dengan kata lain Petrol atau Gasoline yaitu campuran berbagai hidrokarbon yang diperoleh melalui proses destilasi/pengilangan dari minyak mentah (*Crude Oil*). Kualitas dari bensin dinyatakan dengan angka oktannya (*Octane Number*).

Octane Number adalah persentase volume isooktane di dalam campuran isooktane dengan normal heptane yang menghasilkan intensitas knocking yang sama dengan bensin tersebut. Missal bensin dengan ON = 70, berarti bensin tersebut menghasilkan intensitas knocking yang sama dengan campuran dari 70 % isooktana dengan 30 % normal heptane (perbandingan volume). Nilai oktan (ON) suatu bahan bakar bensin menunjukkan bertambah tingginya daya pembakarannya (sifat anti knocking). Semakin tinggi nilai oktannya semakin baik perbandingan kompresinya (Compression Ratio). Besarnya perbandingan kompresi untuk motor bensin biasanya berkisar antara 6 s/d 8,5.

Tabel 3. Nilai oktan dari bahan bakar bensin :

NO	JENIS	NILAI OKTAN (ON)
1.	Aviation gas	100 s/d 120
2.	Super	92 s/d 100
3.	Premium	82 s/d 92
4.	Bensin	72 s/d 82

Kesalahan dalam pemilihan pemakaian bahan bakar dapat mempercepat rusaknya komponen mesin. Jadi perlu memperhatikan pemakaian bensin yang tepat untuk sebuah mesin, supaya mesin dapat memberikan performance yang maksimal dan dapat memperpanjang umur mesin (*life time*).

(2). Bahan Tambahan

Bahan tambahan berfungsi untuk menghambat terjadinya ketukan atau detonasi pada motor bensin. kegunaan bahan tambahan tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Pencegah oksidasi (oxidation inhibitor) untuk mencegah atau mengurangi pembentukan deposit (gum) selama penyimpanan di gudang.
2. Pencegah kerusakan logam, untuk melindungi bensin dari bahaya yang diakibatkan oleh logam-logam tertentu yang mungkin terbawa selama proses pembersihan atau di dalam system bahan bakar.
3. Pencegah pembentukan dingin, untuk mencegah permukaan menjadi dingin di dalam karburator dan pipa-pipanya dari system bahan bakar.
4. Pembersih (detergent), untuk menjamin agar karburator tetap bersih.
5. Senyawa fosfor untuk melindungi permukaan pengapian.

c. Rangkuman

1. Bahan bakar bensin atau minyak bakar yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis gasolin atau bensin.
2. Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (blend) dari hasil pengilangan yang mengandung parafin, naphthene dan aromatic dengan perbandingan yang bervariasi.
3. Volatility merupakan suatu sifat yang paling penting pada bensin, karena sangat berpengaruh pada pengoperasian dan pemeliharaan suatu motor.
4. Penguapan yang baik cenderung menghasilkan distribusi uap bensin yang merata ke dalam silinder dan menghasilkan karakteristik akselerasi yang lebih baik.
5. Bensin yang mengandung belerang cenderung membentuk suatu senyawa yang bersifat korosif, yang dapat merusak komponen-

komponen motor. Sehingga kadar belerang harus dibatasi sekecil mungkin.

6. Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat yang lengket (gum). Zat lengket ini dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran pada motor.
7. Dalam proses kerja motor bensin dapat terjadi apa yang disebut detonasi.
8. Bensin berasal dari kata Benzana (C_6H_6), bensin yang berisi alkana berantai lurus, kurang baik dipakai sebagai bahan bakar motor-motor bensin karena bensin tersebut berkompresi tinggi sehingga menyebabkan ketukan/*knocking* pada mesin.
9. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (*Octane Number*).
10. Senyawa timbal di udara sangat berbahaya, karena jika masuk dan berkumpul di dalam tubuh dapat mengakibatkan anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Destilasi bahan bakar bensin pada kisaran suhu berapa.
2. Apa yang dimaksud dengan octane number.
3. Jelaskan yang dimaksud dengan detonasi.
4. Mengapa unsur belerang pada bensin harus serendah mungkin.
5. Sebutkan syarat-syarat bahan bakar bensin.

6. Sebutkan macam-macam bahan bakar bensin yang diperdagangkan di Indonesia,
7. jelaskan kegunaan bahan tambahan pada bensin.

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori bahan bakar bensin yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

e. Tes Formatif (H.04.2)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Bensin adalah fraksi yang dihasilkan distilasi pada suhu
 - a. 10-140⁰ C
 - b. 20-170⁰ C
 - c. 30-150⁰ C
 - d. 40-160⁰ C
2. Bahan bakar Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran (*blend*) dari hasil pengilangan yang mengandung
 - a. parafin, haphthene dan aromatic.
 - b. parafin, naphthene dan aromatic
 - c. parafin, naphthene dan karomatic
 - d. parafin, saphthene dan aromatic

3. Bilangan oktan untuk bahan bakar minyak bensin disebut
 - a. cetane number
 - b. catana number
 - c. octane number
 - d. actanal num,ber
4. Suara ketukan dan getaran pada motor bensin disebut
 - a. detektor
 - b. deminator
 - c. deteksi
 - d. detonasi
5. Bahan bakar bensin mempunyai titik nyala pada suhu yang
 - a. rendah
 - b. sedang
 - c. lambat
 - d. tinggi
6. Proses pembakaran di dalam motor bensin akibat oleh
 - a. kompresi rendah
 - b. penyalaan busi
 - c. campuran udara
 - d. campuran bensin
7. Kadar belerang dalam bensin harus ... agar tidak bersifat korosif.
 - a. Tinggi.
 - b. Sedang.
 - c. Rendah.
 - d. Cukup.
8. Jenis hidrocarbon tertentu yang tidak jenuh selama penyimpanan dapat menimbulkan oksidasi dan membentuk suatu zat disebut ...
 - a. Zat lengket (gum).
 - b. Zat cair.
 - c. Zat kental

- d. Zat padat.
9. Yang dapat menempel pada katup, piston ring bahkan dapat menyumbat saluran masuk dan buang pada motor adalah
- Asap.
 - Karbon.
 - Bahan bakar.
 - Pelumas.
10. Bensin yang mengandung senyawa timbal sangat berbahaya, karena jika masuk dan terserap di dalam tubuh dapat mengakibatkan ...
- Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kerusakan kulit.
 - Anemia, sakit kepala, dan kerusakan pada otak.
 - Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, dan kebutaan.
 - Anemia, sakit kepala, kerusakan pada otak, atau kebutaan dan kematian.

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

(1). Alat :

- ? OHP
- ? Papan tulis
- ? Gambar kerja destilasi minyak bumi.
- ? Takaran minyak.
- ? Ember plastik.
- ? Selang plastik.
- ? Corong plastik

(2). Bahan yang digunakan adalah :

- ? Modul.
- ? Gambar kerja.
- ? Bahan bakar bensin.
- ? Kain lap.

(3). Langkah kerja :

- ? . Bahan bakar bensin diidentifikasi.
- ? Sifat-sifat bahan bakar diuraikan.
- ? Memilih dan menentukan bahan bakar bensin.

(4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

- ? Pakaian kerja.
- ? Sarung tangan.
- ? Sepatu kerja.
- ? Alat pemadam kebakaran

3. Bahan Bakar Minyak Solar

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa dapat mengidentifikasi, dan memilih Serta menentukan bahan bakar solar dan sifat-sifatnya.

b. Uraian Materi

Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran hidrokarbon, misalnya : benzine, pentane, hexane, toluene, propane dan butan. Senyawa yang membentuk minyak mentah diuapkan pada suhu tertentu, untuk memisahkan hidrokarbon, minyak mentah dipanaskan dan hidrokarbon yang berbeda dijadikan uap.

Senyawa hidrokarbon dengan titik didih yang rendah akan terbentuk/keluar pertama kali yang berupa gas alam (LPG) yang digunakan di rumah tangga dan industri. Jika perubahan fasa ini dapat terlaksana dengan sempurna, maka suhu ditingkat lagi untuk memperoleh hidrokarbon yang lebih tinggi lagi dari titik didihnya dan seterusnya hingga semua produksinya dari gasoline (bensin), kerosin, bahan bakar diesel, minyak pelumas, residu dan terakhir yaitu aspal.

Sebagai minyak mentah yang didestilasi dan diproses, maka yang terbentuk kira-kira 44% gasolin, 36% bahan bakar solar dan selebihnya adalah kerosin, minyak pelumas dan lainnya.

(1). Bahan Bakar Solar.

Solar atau minyak diesel adalah bahan bakar yang digunakan untuk motor diesel dimana proses pembakaran terjadi bukan oleh penyalaan busi tetapi terjadi karena tekanan kompresi yang tinggi di dalam silinder motor. Kualitas solar dinyatakan dengan angka cetane (*Cetane Number*).

Cetane Number (CN) adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnapthalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan.

Detonasi Diesel adalah ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak. Kelambatan penyalaan pada motor diesel juga tergantung dari jenis bahan bakarnya (CN) dan perbandingan kompresinya.

Bahan bakar diesel pada umumnya dibedakan berdasarkan aplikasinya yaitu:

1. Bahan bakar diesel otomotif sering disebut juga HSD (*high speed diesel*) atau minyak solar yaitu bahan bakar motor untuk putaran cepat.
2. Bahan bakar industri dan kapal atau minyak diesel yaitu bahan bakar motor untuk putaran menengah atau disebut LDF (*light diesel fuel*).
3. Bahan bakar diesel yang digunakan pada motor dengan putaran lambat atau disebut juga MDF (*medium diesel fuel*).

Suatu hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan bakar solar adalah kandungan prosentase sulfurnya harus rendah kurang dari 1 %, apabila lebih besar dari itu sulfur dapat cepat merusak bagian-bagian ruang bakar, kelep, kepala piston, ring, nozzle dan komponen lainnya.

Solar yang ada dipasaran Indonesia kandungan sulfurnya cukup rendah berkisar 0,3 % dan diproduksi oleh Pertamina yang bahan minyak mentahnya dari pengeboran minyak dalam negeri.. Solar yang beredar dipasaran mempunyai nilai cetane berkisar antara 30 s/d 60, dan diklasifikasikan seperti dalam Tabel 4.

Tabel 4. Jenis solar dan rata-rata angka Cetane.

NO	JENIS	NILAI CETANE (CN)
		RATA-RATA
1.	Light Diesel Fuel (LDF)	50
2.	Medium Diesel Fuel (MDF)	50
3.	Heavy Diesel Fuel (HDF)	35

(2). Sifat Bahan Bakar Solar

Beberapa sifat utama yang harus dipenuhi oleh minyak solar agar motor diesel dapat berfungsi dengan baik antara lain adalah :

(1). Sifat pembakaran

Sifat pembakaran bahan bakar diesel dinyatakan dengan angka cetana, yaitu menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya (auto ignition) dalam ruang bakar sebagai pengaruh tekanan dan suhu di ruang bakar. Sebagai alternatif lain untuk penentuan angka setane dipakai indeks setane atau indeks diesel yang didapat dengan cara perhitungan empiris. Indonesia menetapkan indeks cetane minimum 48 sebagai alternatif terhadap angka cetana 45 minimum.

(2). Sifat viskositas (kekentalan)

Sifat-sifat aliran dan viskositas bahan bakar berkaitan dengan mekanisme pemompaan dan atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Bahan bakar harus mudah dipompakan walaupun pada suhu udara dingin. Untuk itu dalam spesifikasi bahan bakar HSD di negara-negara ASEAN ditetapkan batasan minimum dan maksimum dari viskositas.

Viscosity atau viskositas minyak adalah suatu ukuran dari tahanan didalam minyak itu sendiri untuk mengalir. Pada umumnya viskositas dinyatakan dengan satuan waktu (detik), yang diperlukan oleh sejumlah minyak untuk mengalir melalui lubang laluan tertentu dan pada suhu tertentu pula. Bila viskositas diukur dengan cara tertentu, maka alat pengukur viskositas (viskosimeter) yang dipakai harus disebutkan. Jenis viskosimeter yang banyak digunakan adalah Engler (Jerman), Redwood (Inggris), Saybolt universal (Amerika) dan lain-lain.

(3). Sifat volatilitas (penguapan)

Volatility dari minyak diesel harus cukup selama dalam rentang suhu operasional untuk menghasilkan suatu campuran dan pembakaran yang baik, sehingga dapat mengurangi asap atau bau pada gas buang. Sifat penguapan bahan bakar merupakan sifat penting dalam pembentukan campuran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar. Proporsi bahan bakar dan udara harus berada dalam batas-batas yang dapat menimbulkan penyalaan dan suhunya harus berada diatas suhu penyalaan yang rendah.

Bila bahan bakar terlalu mudah menguap maka campuran bahan bakar dan udara tidak sempurna, ruang bakar dipenuhi fasa uap sehingga cairan bahan bakar akan berkurang, selain itu suhu campuran udara bahan bakar akan rendah.

Sebaliknya bila bahan bakar banyak mengandung bagian yang tidak menguap, karena campuran akan memerlukan waktu penyalaan yang terlalu lama sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna menyebabkan timbulnya endapan kerak didinding ruang bakar dan di kepala silinder.

Sifat penguapan berhubungan dengan keamanan dalam penyimpanan bahan bakar yaitu titik nyala (flash point), yang dalam spesifikasi Indonesia ditetapkan minimum 150⁰ F (66⁰ C).

(4). Sifat kebersihan dan korosifitas

Sifat-sifat kebersihan bahan bakar berhubungan dengan residu karbon, kandungan air, sedimen dan kandungan air yang dapat mengakibatkan pengotoran di ruang bakar.

Sifat-sifat korosifitas disebabkan oleh adanya uap air yang akan membentuk sulfat atau asam sulfat. Kedua asam ini bersifat korosif terhadap bagian ruang bakar, kepala silinder, katup-katup dan saluran gas buang. Batasan kandungan belerang dalam bahan bakar solar di Indonesia adalah 0,3% (cukup aman).

Sifat-sifat bahan bakar solar yang diproduksi harus sesuai dengan batas minimum dan maksimum dari spesifikasi yang telah ditentukan, karena sifat bahan bakar minyak solar sangat berpengaruh dalam penggunaannya pada motor, antara lain dapat menyebabkan kerusakan komponen mesin dan dapat menurunkan engine performance dan disamping itu dapat mempengaruhi pencemaran terhadap lingkungan.

Indonesia melalui Pertamina memproduksi tiga macam grade minyak diesel yang diperdagangkan berdasarkan untuk motor putaran tinggi (HSD), motor putaran menengah (LDF) dan motor putaran lambat (MDF). Masing-masing dari grade tersebut memiliki sifat-sifat tertentu dan ditetapkan dalam spesifikasi bahan bakar minyak Indonesia seperti dalam Tabel 5.

(5). Kadar belerang

Bahan bakar solar yang mengandung belerang berlebihan tidak baik digunakan sebagai bahan bakar diesel karena dapat menambah keausan ring piston dan cylinder liner, selain itu jika bahan bakar yang mengandung belerang terbakar dalam ruang bakar mesin dapat membentuk asam korosi. Asam ini akan mengikis permukaan logam dan menambah kerusakan mesin

serta terbentuknya kotoran yang menempel pada bagian dalam ruang bakar, kelep dan kepala silinder mesin.

Tabel 5. Perbandingan bahan bakar LDF, MDF dan HDF

No	LDF	MDF	HDF
1.	- Lebih encer	- Lebih kental	- Lebih kental
2.	- Agak jernih	- Agak gelap	- Agak gelap
3.	- Lebih ringan	- Lebih berat	- Lebih berat

(3). Bahan Bakar Motor Diesel Putaran Tinggi

Pada umumnya minyak ringan dapat dipergunakan sebagai bahan bakar motor diesel, akan tetapi sebaiknya pergunakan bahan bakar yang sesuai dengan rekomendasi dari pabrik pembuat mesin tersebut untuk menghindari kerusakan.

Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel dapat berpengaruh besar terhadap kelambatan penyalaan dalam proses pembakarannya, untuk menghasilkan tingkat penyalan yang konstan pada motor diesel yaitu cetane ($C_{14}H_{34}$) dan yang sulit penyalaannya adalah methylnapthaline ($C_{10}H_{17}CH_{13}$).

Nilai cetana dari bahan bakar diesel dapat ditingkatkan dengan bahan aditive untuk mempermudah dalam penyalaan. Bahan additive yang sering digunakan dari unsur amylnitrate ($C_5H_{11}NO_2$) dan ethynitrate ($C_2H_5NO_2$).

Motor diesel putaran tinggi biasanya menggunakan bahan bakar dengan spesifikasi sebagai berikut ini.

1. Minyak ringan

Berat Jenis	: 0,83 s/d 0,89
Kekentalan	: Redwood 30 s/d 40 detik (30 ⁰ C)
Destilasi fraksional	: Penurunan pertama pada temperatur 210 ⁰ C

Bilangan cetana : 45 minimum

Reaksi	: Netral
Titik nyala	: 50 ⁰ C minimum
Kadar abu	: 0,03 % maksimum
Kadar belerang	: 0,7 % maksimum
Kadar air	: 0,1% maksimum
Titik mengalir	: -100 C maksimum
Nilai kalor	: 10.000 kcal/kg minimum

2. Minyak berat

Berat Jenis	: 0,83 s/d 0,89
Kekentalan	: Redwood 30 s/d 40 detik (50 ⁰ C)
Bilangan cetana	: 40 minimum
Reaksi	: Netral
Titik nyala	: 60 ⁰ C minimum
Kadar abu	: 0,03% maksimum
Kadar belerang	: 1,2% maksimum
Kadar air	: 0,1% maksimum
Titik terang	: -5 ⁰ C maksimum
Karbon residu	: 0,8% maksimum
Nilai kalor	: 10.000 kcal/kg minimum

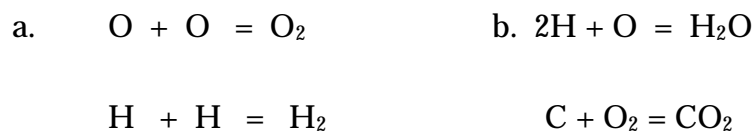
(4). Pembakaran Bahan Bakar

Bahan bakar pada umumnya terdiri dari unsur-unsur zat arang (C), zat air (H), zat asam (O), dan belerang (S). bahan bakar yang dipergunakan untuk pembakaran terdiri dari bagian-bagian kecil, yang disebut molekul. Molekul-molekul ini selanjutnya juga terdiri dari bagian-bagian yang lebih kecil lagi yang disebut atom.

Atom-atom ini dapat bersenyawa dengan atom-atom lain dan membentuk molekul-molekul. Dalam hal ini dapat terjadi dua kemungkinan :

- a. Beberapa atom yang sama bersenyawa menjadi molekul.
- b. Beberapa atom yang tidak sama bersenyawa menjadi molekul.

Contoh;



Yang disebut dengan berat atom ialah angka yang menunjukkan berapa atom dari unsur tersebut lebih berat dari berat atom zat air (H). berat atom oksigen (O) = 16 kali berat atom zat air (H). berat molekul suatu bahan adalah angka yang menunjukkan beberapa kali berat satu molekul bahan tersebut lebih berat dari atom H.

H₂ artinya 2 atom H, 2H₂ berarti 2 kali 1 mol H, yang terdiri dari 2 atom H yang sama dengan berat 4 atom H.

O₂ terdiri dari 2 atom O dan beratnya 2 x 16 kali berat atom H = 32 satu gramolekul sesuatu unsur adalah banyaknya gram yang sesuai dengan berat molekul unsur tersebut.

Menurut hukum Avogadro, bahwa untuk berbagai gas pada tekanan, suhu dan volume yang sama akan mempunyai jumlah molekul yang sama banyaknya, atau dengan kata lain, pada suhu dan tekanan yang sama maka gram molekul dari gas-gas mempunyai volume yang sama pula.

Pada suhu 0 °C dan tekanan 1 atmosfer (76 cm Hg) maka volume dari 1 gram molekul bahan berbentuk gas adalah 22,4 dm³ atau 1 kg molekul volumenya 22,4 m³. Volume gas pada suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut volume Normal dengan satuan Nm³.

Contoh :

No	Nama	Zat asam	Zat lemas	Zat arang monoxida	Zat arang dioxida	Belerang
1.	Simbol	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	SO ₂
2.	Berat mol	2x16=32	2x14=28	12+16=28	12+32=44	32+32=64

Zat asam O₂ pada 76 cm Hg dan 0 °C volumenya 22,4 dm³ atau 32 kg O₂ volumenya 22,4 Nm³ atau ;

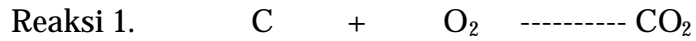
$$1 \text{ kg O}_2 \text{ volumenya } \frac{22,4}{32} \text{ Nm}^3$$

untuk sembarang gas pada 0 °C dan 76 cm Hg maka,

$$\text{Volume gas} = \frac{\text{Berat gas}}{\text{Berat mol}} \times 22,3 \text{ Nm}^3$$

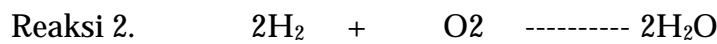
(5). Berat udara teoritis dan praktis

Bila susunan kimia dari suatu bahan bakar diketahui maka dapat dihitung jumlah O₂ dan juga udara yang diperlukan untuk pembakaran sempurna.



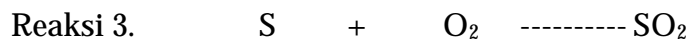
$$12 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 44 \text{ kg}$$

1 kg C memerlukan 8/3 kg O₂



$$4 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 36 \text{ kg}$$

1 kg H₂ memerlukan 8 kg O₂



$$32 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 64 \text{ kg}$$

1 kg S memerlukan 1 kg O₂

Kalau sekarang dari 1 kg bahan bakar mempunyai susunan dalam % berat : c % C, h %H dan s % S, sedangkan udara mengandung dalam % berat 23% O₂ dan 77% N₂, maka jumlah O₂ yang diperlukan untuk pembakaran sempurna adalah ;

$$(c/100 \times 8/3 + h/100 \times 8 + s/100 \times 1) \text{ kg udara}$$

jumlah udara tersebut disebut jumlah udara teoritis karena tidak ada kerugian sama sekali. Jadi jumlah udara teoritis yang diperlukan untuk pembakaran ;

$$W \text{ teoritis} = \frac{1}{23} \left(\frac{8}{3} C + 8 h + S \right) \text{ kg udara}$$

kalau n adalah merupakan faktor udara, maka jumlah udara praktis yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

Jumlah udara praktis = jumlah udara teoritis x n

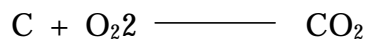
Nilai n = 1,2 – 1,4

Apabila kita mempunyai 1 kg bahan bakar dengan susunan terdiri dari 85% C, 11% H₂ dan 4% S dapat terbakar secara sempurna dengan faktor udara n = 1, maka jumlah udara teoritis yang diperlukan adalah,

$$W \text{ teoritis} = \left(\frac{1}{12} \times 85 + 8 \times \frac{11}{18} + 1 \times \frac{4}{32} \right) \text{ kg atau,}$$

$$= 13,8 \text{ kg.}$$

Dari reaksi terdahulu diketahui,



$$12 \text{ kg C} + 32 \text{ kg O}_2 = 44 \text{ kg CO}_2$$

12 kg C + 32 kg O₂ jadi 1 kg mol CO₂ atau volume 22,4 Nm³ CO₂, jadi,

12 kg C memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg C memerlukan 22,4/12 Nm³ O₂

0,85 kg C memerlukan 0,85 x 22,4/12 Nm³ O₂ atau 1,586 Nm³ O₂



$$4 \text{ kg H}_2 + 32 \text{ kg O}_2 = 36 \text{ kg H}_2\text{O}$$

4 kg H₂ memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg H₂ memerlukan 22,4/4 Nm³ O₂

0,11 kg H₂ memerlukan 0,11 x 22,4/4 Nm³ O₂ atau 0,616 Nm³ O₂



32 kg S + 32 kg O₂ = 64 kg SO₂

32 kg S memerlukan 22,4 Nm³ O₂

1 kg S memerlukan 22,4/4 Nm³ O₂

0,04 kg S memerlukan 22,4/32 x Nm³ O₂ atau 0,028 Nm³ O₂

Jumlah O₂ yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

1,586 Nm³ + 0,616 Nm³ + 0,0028 Nm³ O₂

udara yang mengandung (dalam % volume) 21% O₂ dan 79% N₂ jadi sekarang jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran adalah,

100/21 x 2,23 Nm³ Udara.

Tetapi didalam udara tersebut juga ikut terbawa sejumlah N₂ yang volumenya;

79/21 x 2,23 Nm³ udara

jadi jumlah gas buang hasil pembakaran seluruhnya adalah

Co₂ + H₂O + SO₂ + N₂ sementara H₂O akan menguap,

1,586 Nm³ + 0,028 Nm³ + 8,29 = 10,004 Nm³

Kalau diperhitungkan jumlah CO₂ dalam gas buang adalah,

1,586 / 10,004 x 100 % = 15,8 %

karena dalam pembakaran tersebut factor udara $n = 1$, maka jumlah CO₂ diatas merupakan prosentasi atau kadar CO₂ maksimum.

Pada pembakaran dengan udara praktis yaitu $n > 1$, maka akibat pemakaian udara lebih, susunan gas buang akan terdiri dari CO₂, SO₂, N₂ juga O₂.

Sehingga kalau $n = 1,25$, maka contoh perhitungan di atas menjadi ;

Jumlah O ₂ yang diperlukan	= 2,23 Nm ³
Jumlah O ₂ yang ditambahkan $1,25 \times 2,23$	= 2,787 Nm ³
Kelebihan O ₂ yang diberikan $0,25 \times 2,23$	= 0,557 Nm ³
Jumlah N ₂ yang ditambahkan $79/21 \times 2,787$	= 10,484 Nm ³
Jumlah CO ₂ terbentuk	= 1,586 Nm ³
Jumlah SO ₂ terbentuk	= <u>0,028 Nm³</u>
Volume gas bebas	12,655 Nm ³

$$\text{Kadar CO}_2 = 1,586/12,655 \times 100\% = 12,53 \%$$

$$\text{Kadar O}_2 = 0,557/12,655 \times 100\% = 4,40 \%$$

$$\text{Kadar (CO}_2 + \text{O}_2) = 16,93 \%$$

Kalau sekarang nilai factor udara diturunkan menjadi $n = 1,20$

$$\text{CO}_2 \text{ yang dipakai} = 2,23 \text{ Nm}^3$$

$$\text{O}_2 \text{ yang ditambahkan } 1,2 \times 2,23 = 2,676 \text{ Nm}^3$$

$$\text{Kelebihan O}_2 \text{ } 0,2 \times 2,23 = 0,466 \text{ Nm}^3$$

N ₂ yang ditambahkan	$0,2 \times 2,676 =$	10,067 Nm ³
CO ₂ yang terbentuk	=	1,586 Nm ³
SO ₂ yang terbentuk	=	<u>0,028 Nm³</u>
Volume gas bebas	=	12,127 Nm ³

$$\text{Kadar CO}_2 = 1,586 / 12,27 \times 100\% = 13,07\%$$

$$\text{Kadar O}_2 = 0,446 / 12,27 \times 100\% = 3,67\%$$

$$\text{Kadar (CO}_2 + \text{O}_2) = 16,74\%$$

Bila melihat contoh diatas maka dengan penurunan factor udara dari 1,25 menjadi 1,20, ternyata bahwa ;

+ Kadar CO₂ bertambah

+ Kadar O₂ bertambah

+ Kadar (CO₂ + O₂) bertambah

+ Volume gas bebas berkurang

Kadar CO₂ merupakan factor yang penting untuk menentukan kerugian gas buang atau sering disebut kerugian cerobong.

(6). Kerugian cerobong

Kerugian cerobong adalah kerugian panas yang terbawa keluar bersama-sama gas buang disebut kerugian gas buang atau kerugian cerobong dalam % dapat dihitung dengan rumus :

$$K \text{ cerobong} = \frac{G \cdot (t_g - t_u)}{NP} \times 100\%$$

NP

dimana :

G = berat gas bebas + 1 kg bahan bakar dalam kg.

tg = suhu gas bebas dalam °C.

tu = suhu udara luar dalam °C.

? = panas jenis gas buang dalam kkal/kg. °C.

NP = Nilai Pembakaran dalam kkal/kg

Rumus tersebut dapat digunakan apabila komposisi bahan bakar diketahui dan juga faktor udaranya. Sedangkan di kapal pada umumnya ketentuan-ketentuan tersebut jarang atau tidak didapat.

Maka dari itu dengan cara mendekati, kerugian cerobong dapat dihitung dengan rumus Siegert yaitu,

$$K \text{ cerobong} = c \frac{tg - tu}{CO_2} \% NP$$

dimana :

c = suatu bilangan konstan, untuk bahan bakar cair c = 0,6.

tg = suhu gas buang dalam °C. untuk boiler suhu gas buang setelah economizer.

tu = suhu udara luar dalam °C. untuk boiler, suhu udara sebelum air heater.

CO₂ = nilai CO₂ yang diukur dari gas buang (dengan alat flue gas analyzer dari Orsat).

c. Rangkuman

1. Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran hidrokarbon, misalnya : benzine, pentane, hexane, toluene, propane dan butan.
2. Minyak mentah yang didestilasi dan diproses, maka yang terbentuk kira-kira 44% gasolin, 36% bahan bakar solar dan selebihnya adalah kerosin, minyak pelumas dan lainnya.
3. Cetane Number (CN) adalah persentase volume normal cetane dalam campurannya dengan methylnaphtalen yang menghasilkan karakteristik pembakaran yang sama dengan solar yang bersangkutan.
4. Detonasi Diesel adalah ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak.
5. Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel dapat berpengaruh besar terhadap kelambatan penyalaan dalam proses pembakarannya.
6. Bahan bakar solar yang digunakan untuk motor diesel harus mempunyai syarat-syarat yang sesuai sebagai bahan bakar.

d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami minyak bumi, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menjelaskan lebih jauh dari materi ini.

1. Jelaskan proses pembuatan bahan bakar solar dari minyak bumi.
2. Apa yang dimaksud Cetane Number.

3. Sebutkan bahan bakar diesel berdasarkan aplikasinya.
4. Ada beberapa sifat bahan bakar yang utama harus dipenuhi, sebutkan.
5. Jelaskan yang dimaksud viskositas bahan bakar.
6. Mengapa bahan bakar solar harus mengandung belerang yang sangat rendah.
7. Bahan bakar jenis apa yang digunakan untuk motor diesel putaran tinggi.
8. Sebutkan unsur utama pada bahan bakar minyak solar.
9. Bagaimana cara menghitung volume gas bebas.
10. Jelaskan cara menghitung kerugian cerobong.

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu melihat teori bahan bakar solar yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

e. Tes Formatif (H.04.3)

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Penyulingan minyak bumi menghasilkan bermacam-macam zat sesuai dengan penggunaannya. Minyak solar adalah fraksi yang dihasilkan pada suhu kira-kira
 - a. 250-350⁰ C
 - b. 200-350⁰ C
 - c. 190-360⁰ C
 - d. 250-360⁰ C

2. Ledakan diesel yang terjadi akibat kelambatan penyalaan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan terlalu banyak disebut....
 - a. detektor
 - b. detonasi
 - c. dedikasi
 - d. deformasi
3. Unsur kimia dalam bahan bakar minyak solar yang harus sangat rendah adalah
 - a. chlorida
 - b. fospor
 - c. belerang
 - d. zat besi
4. Alat yang digunakan untuk mengukur gas buang adalah
 - a. flue exhaust analyzer
 - b. flue analyzer gas
 - c. flue gas analyzer
 - d. flue exhaust gas
5. Alat untuk mengukur kekentalan bahan bakar solar adalah
 - a. pisiometer
 - b. psikomotor
 - c. psikometer
 - d. viskosimeter
6. Bahan bakar solar didapat dari minyak mentah (*crude oil*) yang terdiri dari campuran
 - a. Hidrokarbon.
 - b. Hidrogen.
 - c. Hidroksida.
 - d. Hibrida.

7. Kerugian panas yang terbawa keluar bersama-sama gas buang disebut
- Kerugian panas.
 - Kerugian gesekan.
 - Kerugian pembuangan.
 - Kerugian cerobong.
8. Alat untuk mengukur gas buang suatu motor adalah ...
- Exhaust gas analyzer dari Orsat
 - Flue gas analyzer dari Orsat
 - Flue gas dari Orsat
 - flue analyzer gas dari Orsat
9. Bilangan konstanta untuk bahan bakar cair adalah
- 0,6
 - 0,7
 - 0,8
 - 0,9
10. Bahwa untuk berbagai gas pada tekanan, suhu dan volume yang sama akan mempunyai jumlah molekul yang sama banyaknya.
- Menurut hukum kekekalan energi.
 - Menurut hukum ohm.
 - Menurut hukum Arsimides
 - Menurut hukum Avogadro

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Buku Materi Pokok ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100 \%$$

Arti tingkatan penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik Sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

≤ 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, bila bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

f. Lembar Kerja

(1). Alat :

- ? OHP
- ? Papan tulis
- ? Viskosimeter
- ? Gambar kerja destilasi minyak bumi
- ? Takaran minyak.
- ? Ember plastik.
- ? Selang plastik.
- ? Corong
- ? plastik

(2). Bahan yang digunakan adalah :

- ? Modul.
- ? Gambar kerja.
- ? Bahan bakar solar
- ? Kain lap.

(3). Langkah kerja :

- ? . Bahan bakar solar diidentifikasi.
- ? Sifat-sifat bahan bakar diuraikan.
- ? Memilih dan menentukan bahan bakar solar.

(4). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

- ? Pakaian kerja.
- ? Sarung tangan.
- ? Sepatu kerja.
- ? Alat pemadam kebakaran

III. EVALUASI

Kompetensi : Teknologi Bahan dan teknik Pengukuran

Kode Kompetensi : TPL-P/H.04

Sub Kompetensi : Mengidentifikasi Bahan Bakar

Nama Siswa :

Nomor Induk siswa :

Waktu	Nilai	Kognitif skill	Psikomotor skill	Attitude skill	Produk/benda kerja sesuai standar
		<ul style="list-style-type: none"> - Menjelaskan Minyak bumi dan fraksi-fraksinya. - Menjelaskan sifat-sifat bahan bakar. - Menjelaskan bahan bakar bensin. - Menjelaskan bahan bakar solar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mengidentifikasi Minyak bumi dan fraksi-fraksinya. - Mengidentifikasi sifat-sifat bahan bakar. - Menguraikan bahan bakar bensin. - Menguraikan bahan bakar solar.bahan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cermat mengidentifika si Minyak bumi dan fraksi-fraksinya. - Cermat mengidentifika si sifat-sifat bahan bakar. - Cermat menguraikan bahan bakar bensin. - Cermat menguraikan bahan bakar solar. 	

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

? **Kode H.04.1**

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. A | 3. B | 5. D | 7. A | 9. D |
| 2. C | 4. C | 6. A | 8. B | 10. C |

? **Kode H.04.2**

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. A | 3. C | 5. A | 7. C | 9. B |
| 2. B | 4. D | 6. B | 8. A | 10. D |

? **Kode H.04.3**

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. A | 3. C | 5. D | 7. D | 9. A |
| 2. B | 4. C | 6. A | 8. B | 10. D |

IV. PENUTUP

Pada pembelajaran sub kompetensi bahan bakar ini, menitik beratkan pada mengidentifikasi minyak bumi dan fraksi-fraksinya, memilih, menentukan bahan bakar bensin, bahan bakar solar dan sifat-sifat dari masing-masing bahan bakar. Untuk itu pengetahuan-pengetahuan dasar mengenai proses pengilangan minyak bumi(distilasi) sebelumnya harus tetap dikuasai. Setelah menempuh ujian atau evaluasi maka secara teknis siswa telah mampu untuk memasuki lapangan kerja, namun untuk melengkapi program diklat teknologi bahan dan teknik pengukuran. Untuk selanjutnya menempuh uji kompetensi yang dilaksanakan oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) melalui Panitia Uji Kompetensi dan Sertifikasi (PUKS) untuk mendapatkan sertifikat kompetensi. Sekolah merekomendasikan siswanya untuk mengikuti uji kompetensi melalui PUKS atau BNSP, dan setelah mengikuti uji kompetensi siswa dapat melanjutkan kegiatan belajar ke modul berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangyo Sucahyo, 1999. **Ilmu Logam**, PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri. Surakarta.
- Hari Amanto dan Daryanto, 1999, **Ilmu Bahan**, Bumi Aksara, Jakarta.
- Yanmar Diesel. 1980. **Buku Petunjuk Mesin Diesel Yanmar**. PT. Yanmar Indonesia. Jakarta.
- Suyanto, 2001. **Bahan Bakar dan Minyak Lumas**, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta.
- Tatang Sutarna, at al,1994 , **Kimia Dikembangkan dan disesuaikan dengan Kurikulum Baru 1994**, Yudistira, Jakarta.
- Warsowiwoho dan Gandhi Harahap, 1984. **Bahan Bakar, Pelumas, Pelumasan dan Servis**, Pradnya Paramita, Jakarta.