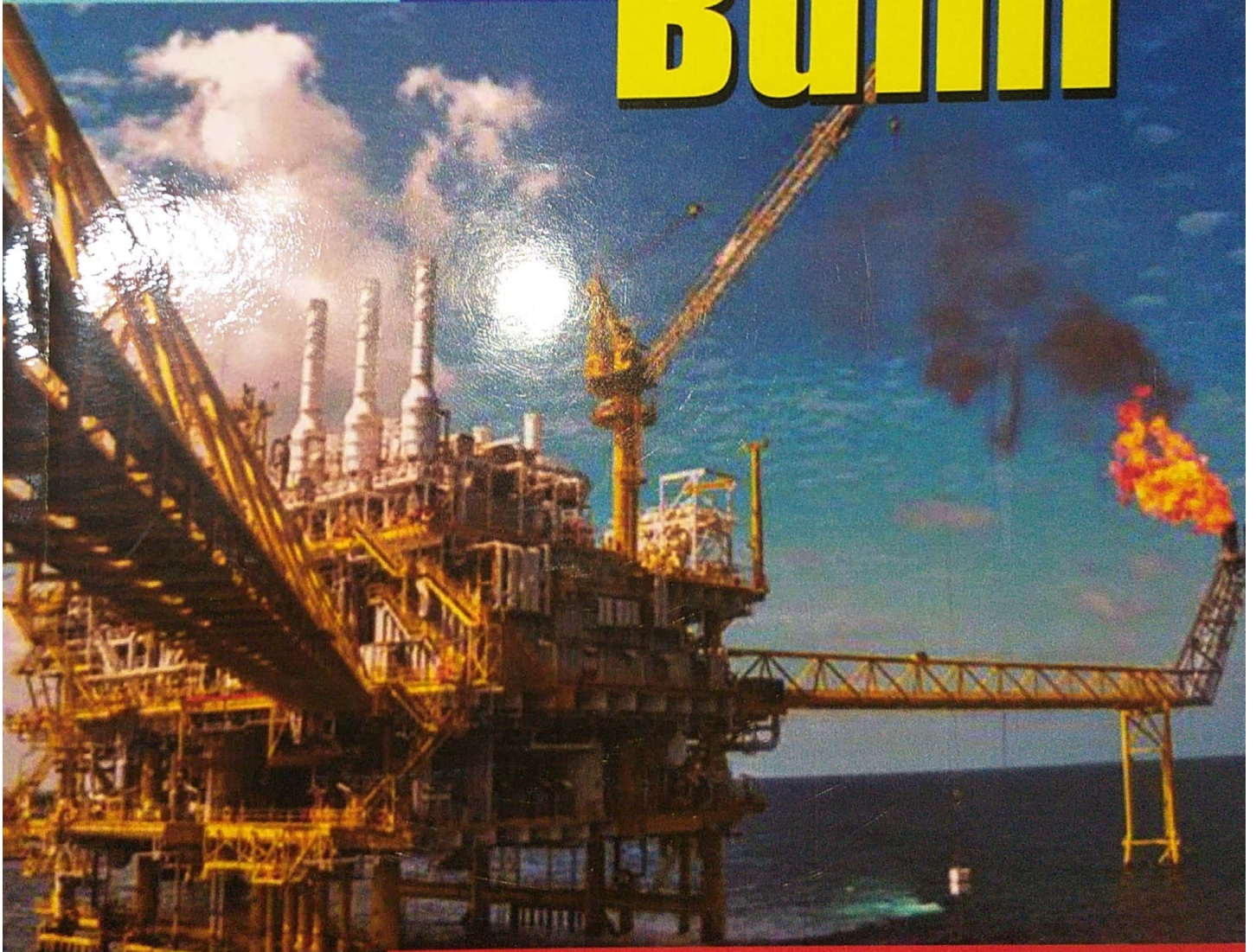


Dr. Kiagus Ahmad Roni, ST., MT.

Teknologi Minyak Bumi



RAFAHpress
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN KAPAL PALEMBANG

TEKNOLOGI MINYAK BUMI

Kiagus Ahmad Roni

**Dilarang memperbanyak, mencetak atau menerbitkan
Sebagian maupun seluruh buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit**

Ketentuan Pidana

Kutipan Pasal 72 Undang-undang Republik Indonesia

Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

TEKNOLOGI MINYAK BUMI

Penulis : Kiagus Aahmad Roni
Layout : Nyimas Amrina Rosyada
Desain Cover : Haryono

Diterbitkan Oleh:
Rafah Press UIN Raden Fatah Palembang
Anggota IKAPI

Dicetak oleh:
CV. Amanah
Jl. Mayor Mahidin No. 142
Telp/Fax : 366 625
Palembang – Indonesia 30126
E-mail : noerfikri@gmail.com

Cetakan I: Februari 2020
16,25 x 25 cm
vi, 132 hlm

Hak Cipta dilindungi undang-undang pada penulis
All right reserved

ISBN : 978-623-250-159-1

PRAKATA

Buku Teknologi Minyak Bumi ini disusun dengan maksud untuk dapat digunakan sebagai buku pegangan untuk mata kuliah Teknologi Minyak Bumi bagi mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia strata S-1 dan S-2 dengan bobot 2 SKS yang diberikan dalam 2 jam pelajaran per minggu selama satu semester. Namun demikian buku ini dapat juga digunakan bagi mereka yang ingin mempelajari mengenai Teknologi Minyak Bumi.

Buku ini terdiri dari delapan bab, di bagian bab lima terdapat sedikit perubahan isi yaitu di bab Produk Minyak Bumi.

- Bab I Pendahuluan yang berisi sejarah singkat minyak bumi, penemuan dan perkembangannya, khususnya di Indonesia.
- Bab II Komposisi Minyak Bumi yang membahas mengenai senyawa hidrokarbon dan senyawa organik yang mengandung unsur-unsur S, O, N dan logam-logam yang terdapat dalam minyak bumi. Dibahas juga keberatan-keberatan yang diakibatkan oleh adanya unsur-unsur S, O, N dan logam-logam baik yang terdapat dalam minyak mentah maupun dalam produk-produknya.
- Bab III Klasifikasi Minyak Bumi yang membahas mengenai berbagai cara penggolongan minyak bumi, dari yang sederhana sampai kepada penggolongan minyak bumi menurut US Bureau of Mines yang banyak digunakan pada saat ini.
- Bab IV Uji Minyak Bumi dan Produknya yang membicarakan tentang berbagai macam uji laboratorium yang dikenakan kepada minyak bumi dan produknya. Dibahas juga mengenai perlunya standarisasi prosedur dan alat uji agar dapat dibuat duplikat maupun triplikat hasil uji.
- Bab V Produk Minyak Bumi yang membicarakan mengenai berbagai produk kilang minyak, baik yang berupa bahan bakar minyak (BBM) maupun bukan bahan bakar minyak (BBBM), terutama yang dipasarkan di Indonesia.
- Bab VI Sifat-sifat Fisis Minyak Bumi yang membahas mengenai sifat-sifat fisis minyak bumi dan fraksi-fraksinya, yang sangat berguna untuk berbagai macam perhitungan, khususnya perhitungan teknik dalam kilang minyak bumi.

Bab VII Evaluasi Minyak Bumi yang membahas mengenai jenis-jenis evaluasi minyak bumi, kepentingannya dalam praktek dan informasi yang dapat diperoleh dari hasil evaluasi minyak bumi.

Bab VIII Pengolahan Minyak Bumi Secara Umum yang membicarakan secara singkat mengenai proses pengolahan minyak secara umum dalam kilang minyak.

Bagian akhir dari buku ini diberikan lampiran-lampiran, yaitu lampiran 1 yang berisi klasifikasi minyak mentah Indonesia menurut US Bureau of Mines, lampiran 2 sampai dengan 15 yang berisi spesifikasi LPG dan bahan bakar minyak Indonesia sesuai dengan keputusan Direktur Jenderal dan Minyak dan Gas Bumi, dan lampiran 16 yang berisi spesifikasi aspal keras sesuai dengan keputusan Direktur Jenderal Bina Marga.

Penyusun menyadari bahwa buku ini masih banyak kekurangannya, sehingga saran dan kritik yang membangun akan diterima dengan senang hati.

Palembang, 21 Februari 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Prakata	iii
Daftar Isi	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II KOMPOSISI MINYAK BUMI	11
BAB III KLASIFIKASI MINYAK BUMI.....	27
BAB IV UJI MINYAK BUMI DAN PRODUKNYA.....	35
BAB V PRODUK MINYAK BUMI	53
BAB VI SIFAT-SIFAT FISIS MINYAK BUMI SECARA UMUM	65
BAB VII EVALUASI MINYAK BUMI.....	101
BAB VIII PENGOLAHAN MINYAK BUMI SECARA UMUM	125
DAFTAR PUSTAKA	131

BAB I

PENDAHULUAN

Minyak bumi telah membawa kemajuan yang pesat kepada dunia ini, sehingga jika seandainya minyak bumi itu tidak ada, maka dunia tidak akan semaju seperti sekarang ini. Di mana-mana dalam kehidupan sehari-hari, hampir selalu dijumpai produk-produk yang berasal dari minyak bumi, baik produk yang berasal dari kilang minyak atau produk petrokimia

Walapun minyak bumi ini telah lama sekali dikenal orang, namun industri minyak bumi baru muncul setelah Drake berhasil mengeluarkan ‘minyak bumi dari dalam bumi dengan bor tumbuknya pada tahun 1859 di Titusville, Pennsylvania, Amerika Serikat.

Bukti bahwa minyak bumi telah lama sekali dikenal orang yaitu dengan ditemukannya aspal sebagai bahan perekat pada bangunan bangunan kuno yang didirikan lebih dari 6.000 tahun yang lalu di tepi sungai Euphrat, yang sekarang dikenal dengan nama Irak. Penggalian kota-kota kuno seperti Kish, Ur, Babilon dan Niniveh menunjukkan bahwa aspal telah digunakan orang sebagai bahan yang tahan terhadap air untuk bak mandi, kapal dan juga sebagai bahan perekat barang pecah belah dan sebagai cat.

Di Mesir lebih dari 1.000 tahun sebelum Masehi aspal telah digunakan untuk pembuatan mumi dengan jalan melapisi kain pembungkus mayat yang telah dibalsam dengan aspal.

Di dalam Alkitab dalam perjanjian lama yang ditulis orang beberapa ribu tahun sebelum Masehi juga disebut-sebut tentang minyak bumi. Misalnya di dalam kitab kejadian, kitab Nabi Musa yang pertama. bab 14 ayat 10 berbunyi: "Di lembah Sidim itu di mana-mana ada sumur aspal. Ketika raja Sodom dan raja Gomora melarikan diri, jatuhlah mereka ke dalamnya, dan orang-orang yang masih tinggal hidup melarikan diri ke pegunungan".

Peradaban Cina yang berkembang di sungai kuning juga telah mengenal dan menggunakan minyak bumi yang diperoleh pada pengeboran sumur dengan maksud terutama untuk menghasilkan garam. Sekurang kurangnya 2000 tahun yang lampau minyak dan gas bumi telah digunakan di Cina untuk pemanasan dan penerangan. Gas bumi disalurkan dari sumur-sumur gas dengan pipa-pipa bambu.

Setelah Drake berhasil mengeluarkan minyak bumi dari perut bumi dengan jalan mengebornya, maka kemudian banyak orang mulai berlomba-lomba berspekulasi untuk mendapatkan minyak bumi dengan jalan melakukan pemboran di mana-mana.

1. SEJARAH MINYAK BUMI DI INDONESIA

Menurut cerita lama, pada abad ke VII orang-orang Indonesia yang diam di sekitar selat sumatera telah mengenal minyak bumi dan telah memanfaatkannya sebagai alat pembakar dalam pertempuran di laut. Pada abad ke XVI, armada laut Aceh dapat mengalahkan armada laut Portugis yang dipimpin oleh Alfonso D'albuquerque dengan menggunakan bola api yang dilemparkan dari kapal perang Aceh. Pada waktu itu minyak yang digunakan adalah minyak bumi yang merembes keluar ke permukaan bumi.

Pada zaman penjajahan Belanda, sejak tahun 1871 orang-orang Belanda telah berusaha untuk mendapatkan minyak bumi di Indonesia dengan melakukan pengeboran di daerah-daerah yang ada rembesan minyak bumi yang selanjutnya diolah menjadi minyak lampu. Pada tanggal 15 Juni 1885, seorang pemimpin perkebunan Belanda bernama Aeilco Janszoon Zylker berhasil melakukan pengeboran yang pertama di Telaga Tunggul dekat Pangkalan Brandan di Sumatera Utara pada kedalaman kira-kira 400 kaki. Sejak penemuan ini, pencarian minyak bumi terus berlanjut yang saat hampir bersamaan telah pula ditemukan minyak bumi di tempat lain di Indonesia, seperti di desa Ledok Jawa Tengah, desa Minyak Hitam di daerah Muara Enim Palembang, dan Riam Kiwa dekat Sangasanga di Kalimantan Timur.

Di Indonesia penemuan minyak bumi mengakibatkan tumbuhnya banyak perusahaan minyak asing, mengakibatkan tumbuhnya perusahaan minyak asing, di mana pada akhir abad XIX tidak kurang dari 18 perusahaan asing yang secara aktif mengusahakan sumber-sumber minyak di Indonesia. Karena usaha eksplorasi dan kekuatan finansialnya, maka pada tahun 1902, Royal Dutch Company yaitu perusahaan yang mengambil alih konsesi Zylker, dapat menyisihkan perusahaan-perusahaan yang ada pada waktu itu. Tahun 1907, Royal Dutch Company bergabung dengan Shell Transport and Trading Company, dan perusahaan yang beroperasi dari kelompok Royal Dutch dan Shell di Indonesia adalah Bataafshe Petroleum

Maatschppij (B.P.M), dan ini merupakan satu-satunya perusahaan yang beroperasi di Indonesia sampai tahun 1911. Pada tahun 1912, Standard Vacum Oil Company (STANVAC), suatu anak perusahaan Standard Oil (New Jersey) dan Vacum Oil Company mulai beroperasi di Indonesia dan mengerjakan lapangan-lapangan minyak di Talang Akar dan Pendopo Sumatera Selatan. Untuk menghadapi saingan dari Standard Oil ini, maka pada tahun 1930 oleh pemerintah colonial Belanda dan B.P.M dibentuklah suatu perusahaan campuran, yaitu N.V. Nederlandsche Indische Aardolie Maatschappij (N.I.A.M). Pada tahun 1935, CALTEX yaitu sebuah anak perusahaan Standard Oil of California and Texas Company mulai beroperasi di Indonesia, di mana lapangan produksinya terletak di Minas dan Duri di daerah Daratan Riau. Pada tahun 1935, dibentuk perusahaan minyak bernama Nederlandsche Nieuw Guinea Petroleum Maatschappij (N.N.G.P.M) untuk mengeksplorasi Irian Jaya bagian barat, yang sahamnya dari Royal Dutch-Shell, Stanvac, dan Caltex. Kilang minyak yang ada sebelum perang dunia II ada buah yaitu Plaju (B.P.M), Sungai Gerong (STANVAC), Balikpapan (B.P.M), Cepu (B.P.M), Wonokromo (B.P.M), dan Pangkalan Brandan (B.P.M).

Dengan pecahnya perang dunia II, karena serbuan tentara Jepang ke Indonesia, maka karena sistem politik bumi hangus pemerintah Hindia Belanda, sebagian besar instalasi-instalasi kilang minyak hancur, terutama kilang minyak Pangkalan Brandan.

Dalam perjuangan kemerdekaan Indonesia tanggal 17 Agustus 1945, satu-satunya lapangan minyak yang dapat dikuasai oleh pejuang-pejuang kemerdekaan Indonesia adalah lapangan minyak sekitar pangkalan Brandan dan daerah Aceh, bekas milik Shell-B.P.M., yang selanjutnya merupakan perusahaan minyak Indonesia yang pertama dan diberi nama perusahaan Tambang Minyak Negeri Republik Indonesia (PT. M.N.R.I.). Pada tahun 1945, B.P.M. berhasil meneruskan produksinya di Kalimantan dan mengaktifkan sebagai kilangnya di Balikpapan. Dalam bulan Oktober 1946, kilang plaju dan sungai gerong masing-masing dikembalikan kepada B.P.M. dan STANVAC untuk rekonstruksi di Jawa Tengahm B.P.M. tidak berhasil memperoleh kembali lapangan minyak kawengan dan ledok, dan kilang minyak cepu, karena telah dikuasai oleh koperasi buruh minyak yang kemudian menjadi perusahaan Negara PERMIGAN.

Karena sesudah selesainya perjuangan fisik di tahun 1950, P.T.M.N.R.I. juga belum menunjukkan usaha-usaha pembangunannya, maka pada bulan April 1954 P.T.M.N.R.I. diubah menjadi tambang minyak Sumatra Utara (T.M.S.U.). Tindakan ini ternyata juga tidak ada manfaatnya, sehingga pada tanggal 10 Desember 1957 T.M.S.U. diubah menjadi P.T. Perusahaan Tambang Minyak Nasional (P.T.PERMINA). Setelah kira-kira tiga setengah tahun, maka pada tanggal 1 Juli 1961 statusnya diubah menjadi Perusahaan Negara Pertambangan Minyak Nasional (P.N. PERMINA).

Dengan penyerahan kedaulatan oleh pemerintah colonial Belanda kepada Republik Indonesia, maka pada tanggal 1 Januari 1959 status N.V. N.I.A.M. diubah menjadi P.T. Pertambangan Minyak Indonesia (P.T. PERMINDO). Karena jangka waktu berdirinya N.V.N.I.A.M. hanya sampai tanggal 31 Desember 1960, maka pada bulan Februari 1961 didirikan perusahaan Negara Pertambangan Minyak Indonesia (P.N. PERTAMIN) dan untuk melancarkan usaha tersebut, P.N. PERTAMIN ditunjuk sebagai satu-satunya distributor minyak di dalam negeri dan bertanggung jawab atas penyediaan minyak bagi angkatan bersenjata Republik Indonesia. Akhirnya untuk mempertegas struktur dan prosedur kerja demi memperlancar usaha peningkatan produksi minyak dan gas bumi, maka pada tanggal 20 Agustus 1968 P.N. PERMINA dan P.N. PERTAMIN dilebur menjadi Perusahaan Negara Minyak dan Gas Bumi Nasional (P.N. PERTAMINA).

2. KILANG MINYAK DI INDONESIA

Kilang minyak di Indonesia tersebar di beberapa tempat di pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya. Tabel 1-1 berikut ini menunjukkan kilang minyak di Indonesia beserta kapasitas perancangannya pada saat ini. Sebagian dari kilang minyak ini didirikan pada zaman penjajahan Belanda, yaitu kilang minyak Pangkalan Brandan, Sungai Gerong, Plaju, Cepu, Wonokromo dan Balikpapan, dan sebagian didirikan setelah Indonesia merdeka yaitu kilang minyak sungai Pakning, Dumai, Cilacap, Balongan dan Kasim, Kilang Wonokromo sekarang ini sudah tidak beroperasi lagi.

Tabel 1-1, Kilang minyak di Indonesia

Kilang	Kapasitas, ribu barel/hari
Musi	132,5
Dumai	120
Sungai Pakning	50
Pangkalan Brandan	5
Cilacap	300
Balikpapan	253,6
Cepu	4
Balongan (Exor I)	125
Kalsim	4
Total	994,1

Secara singkat minyak mentah yang diolah, unit-unit yang ada dan produk yang dihasilkan oleh kilang-kilang minyak tersebut adalah sebagai berikut:

2.1 Kilang Musi (Plaju-Sungai Gerong)

Minyak mentah yang diolah: minyak mentah Palembang Selatan, Jambi, Minas, Talang Akar-Pendopo dan Lirik. Unit-unit yang ada: unit distilasi atmosferis, unit distilasi hampa, unit rengkahan termal, unit rengkahan katalitis, unit polimerisasi, unit alkilasi, unit pembuatan aspal dan unit pembuatan malam. Produk-produk yang pembuatan aspal dan unit pemuatan malam. Produk-produk yang dihasilkan: bensin, bensin pesawat terbang, bahan bakar jet,, kerosin, solar, minyak diesel, minyak bakar, malam parafin dan aspal.

2.2 Kilang Dumai

Minyak mentah yang diolah: minyak mentah minas. Unit-unit yang ada: unit distilasi atmosferis, unit distilasi hampa, unit delayed coker, unit hydrocracker, unibon, unit distillate hydrotreater, unit naphta hydrotreater, unit platforming, unit LPG recovery, pabrik hydrogen dan unit coke calciner. Produk yang dihasilkan: elpiji, bensin, premium, naphta, kerosin, solar dan kokas kalsinasi.

2.3 Kilang Sungai Pakning

Minyak mentah yang diolah: minyak mentah Minas dan Pedada. Hanya ada satu unit saja yang ada yaitu unit distilasi atmosferis. Produk yang dihasilkan: naphta, kerosin, solar dan residu malam belerang rendah (*Low Sulphur Waxy Residue, LSWR*).

2.4 Kilang Pangkalan Brandan

Minyak mentah yang diolah: minyak mentah minas dan pedada. Unit yang ada: unit distilasi atmosferis. Produk yang dihasilkan: bensin, kerosin, solar dan residu.

2.5 Kilang Cilacap

Minyak mentah yang diolah: minyak mentah ringan arab (*Arabian Light Crude*), Minyak mentah arjuna, minyak mentah Attaka, unit-unit yang ada: unit distilasi atmosferis, unit distilasi hampa, unit platforming, unit hydrotreating, unit hydrodesulfurisasi, unit meroxtreating, unit visbreaking, unit propane deasphalting, unit ekstrasi furfural dan unit dewaxing MEK. Produk yang dihasilkan: elpiji, bensin, avtur, kerosin, solar, minyak diesel, minyak bakar, minyak pelumas dan aspal.

2.6 Kilang Balikpapan

Minyak mentah yang diolah: Minyak mentah Minas, Tanjung, Warukin, Bekapai, Sepinggan, Handil, Attaka, Arjuna, Samboja, Sangata, dan Sanga-sanga. Unit-unit yang ada: unit Distilasi Atmosferis, unit distilasi Hampa, pabrik malam, unit naphta hydrotreater, unit Platforming, unit LPG Recovery, unit hydrotreater dan Pabrik hidrogen. Produk yang dihasilkan: elpiji, bensin premium, avtur, kerosin, solar, minyak diesel, minyak bakar dan malam.

2.7 Kilang Cepu

Minyak mentah yang diolah adalah minyak kawengan dan Ledok. Unit yang ada adalah unit distilasi atmosferis dan pabrik malam. Produk yang dihasilkan adalah nafta, pertasol, kerosin, solar, minyak bakar dan malam batik.

2.8 Kilang Balongan (Exor I)

Minyak mentah yang diolah adalah minyak duri (80%) dan minas (20%). Unit yang ada adalah unit distilasi atmosferis, unit demetalisasi residu atmosferis, unit hidroteater minyak gas, unit rengkahan katalitis residu, unit hidroteater minyak daur ringan, pabrik hydrogen, unit treating amin, unit propylene recovery dan pabrik belerang. Produk yang dihasilkan adalah elpiji, propilen, bensin, kerosin, solar, minyak diesel, minyak bakar dan belerang.

2.9 Kilang Kasim

Mengolah minyak mentah yang berasal dari lapangan Kasim dan sekitarnya. Unit yang ada adalah unit distilasi atmosferis.

3. ASAL MULA MINYAK BUMI

Minyak bumi berasal dari formasi batuan yang berumur antara sepuluh juta sampai empat ratus juta tahun, dan sekarang ini telah terbukti bahwa pembentukan minyak bumi berkaitan dengan pengembangan batuan sedimen berbutir halus, yang mengendap dilaut atau di dekat laut dan bahwa minyak bumi adalah produk dari binatang dan tumbuh-tumbuhan yang hidup di laut. Walaupun demikian mengenai asal usul minyak bumi ini telah banyak teori yang diajukan di antaranya ada yang menganggap bahwa minyak bumi berasal dari bahan anorganik.

Pada tahun 1866, Berthelot mengajukan teori bahwa minyak bumi berasal dari dari reaksi antara karbid dengan air yang menghasilkan asetilen, yang selanjutnya karena suhu dan tekanan yang tinggi asetlin berubah menjadi minyak bumi. Berthelot menganggap bahwa karbid terjadi karena reaksi antara karbonat dengan logam alkali.



Teori anorganik yang lain, dimana asetilen juga merupakan bahan dasar, diajukan oleh Mendelejeff. Menurut Mendeejeff asetilen terjadi karena rekasi antara logam karbid dengan asam.

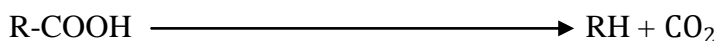
Teori organic mengenai terjadinya minyak bumi diajukan oleh Engler pada tahun 1911 yang mengatakan bahwa minyak bumi terjadi dari bahan organic melalui tiga tahap. Tahap pertama, deposit binatang dan tumbuh-tumbuhan berkumpul pada dasar laut, yang selanjutnya

akan terurai oleh bakteri. Karbohidrat dan Protein yang diubah menjadi bahan yang dapat larut dalam air atau menjadi gas, akan terbawa oleh aliran air atau aliran udara. Sedangkan lemak, malam dan bahan lain yang stabil (rosin, kolesterol dll) akan tetap tinggal. Tahap kedua, suhu dan tekanan yang tinggi akan mengakibatkan terbentuknya karbon dioksida dari senyawa yang mengandung gugus karboksil, dan air akan terbentuk dari asam hidroksi dan alkohol dan akan menghasilkan residu bitumen. Panas dan tekanan selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya rengkahan, yang menghasilkan cairan yang mempunyai kandungan olefin yang tinggi, yang disebut protopetroleum akan berpolimerisasi karena pengaruh katalis, sehingga poliolefin akan berubah menjadi senyawa hidrokarbon naften dan paraffin. Senyawa hidrokarbon aromatis dianggap terbentuk secara langsung pada proses rengkahan atau siklisasi melalui reaksi kondensasi. Keberatan dari teori ini antara lain ialah bahwa hasil akhir yang diperoleh pada percobaan berbeda dengan komposisi minyak bumi yang terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon paraffin, naften dan aromatis.

4. SIFAT BAHAN SUMBER

Menurut penelitian ternyata bahwa minyak bumi mengandung bahan yang optis aktif, sehingga hal ini memperkuat anggapan bahwa minyak bumi berasal dari sistem yang hidup. Porfirin yang ditemukan dalam minyak bumi, yang merupakan turunan dari senyawa porfin, yaitu senyawa kompleks yang mengandung nitrogen, dikenal sebagai senyawa hasil peruraian khlorofil dan hematin, baik yang terdapat dalam tumbuh-tumbuhan dan binatang. Porfirin dalam minyak mentah terdapat sebagai senyawa kompleks dengan logam, terutama dengan vanadium, kemudian nikel dan terakhir dengan besi dan tembaga.

Asam lemak telah lama dianggap sebagai sumber bahan untuk minyak bumi yang dapat diubah menjadi hidrokarbon menurut reaksi berikut ini:



Asam lemak alami kebanyakan mempunyai rantai atom karbon lurus dan banyak diantaranya yang mempunyai ikatan rangkap dua. Asam lemak dapat terikat dengan gliserol sebagai minyak atau lemak.

Karbohidrat yang merupakan bagian yang penting dari semua tumbuh-tumbuhan, diperkirakan merupakan bahan penyumbang sifat-sifat yang sangat berbeda-beda, dari gula yang sederhana seperti glucose dan galactose sampai kepada polisakarida, seperti glikogen, tepung dan selulosa. Karbohidrat yang sederhana dapat larut dalam air, seperti glukosa dan fruktosa, sehingga dapat membentuk substrat yang dapat menjadi makanan bakteri. Jadi, sebagian karbohidrat akan dirusak oleh mikroorganisme, sebagian akan dimakan oleh binatang dan diubah menjadi jaringan dan sebagian lainnya akan terperangkap dalam sedimen. Protein yang merupakan bagian yang sangat penting yang terdapat dalam semua makhluk hidup adalah bahan polimer yang terdiri dari berbagai asam amino yang dihubungkan oleh karbon karboksil dan nitrogen. Protein dapat mengalami denaturasi dan protein yang mengalami denaturasi kelarutannya akan menurun. Sehingga proses denaturasi inilah yang membantu protein dalam pembentukan minyak bumi.

Sterol yang banyak terdapat dalam binatang dan tumbuh-tumbuhan juga diperkirakan sebagai sumber bahan bagi minyak bumi. Walaupun reaksi kimia peruraiannya masih banyak yang belum diketahui.

5. AKUMULASI MINYAK BUMI

Minyak bumi biasanya tidak terdapat dalam batuan dimana minyak bumi tersebut terbentuk. Minyak bumi terbentuk dalam batuan induk yang berupa batuan sedimen yang berbutir halus dari batuan lempung dan kapur. Pemboran minyak ke dalam batuan induk jarang menghasilkan minyak bumi, kecuali dalam jumlah yang relatif kecil. Minyak bumi terdapat dalam batuan pasir yang terbuka dan batuan kapur yang berpori yang disebut batuan reservoir. Karena tekanan yang tinggi dalam batuan sedimen induk, maka minyak bumi bersama dengan gas yang terbentuk dan air laut akan terdorong dan berpindah atau bermigrasi melalui batuan pasir yang berpori dan retakan-retakan batuan kapur, yang akhirnya akan tertahan oleh struktur batuan yang tak tembus (*impervious*) dari batuan reservoir. Karena gerakan gas, minyak bumi dan air ke atas, maka batuan reservoir harus tertutup pada bagian puncak dan sisinya oleh batuan yang cukup rapat (*dense*).

Jadi adaya lapangan minyak bumi tidak saja tergantung kepada minyak bumi saja, tetapi juga tergantung kepada adanya batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang cukup dan yang ditutup oleh batuan tudung (*cap rock*). Struktur geologi yang demikian disebut jebakan (*trap*). Berbagai macam jebakan mempunyai berbagai macam nama. Jebakan yang umum adalah antiklin. Antiklin yang bentuknya lebih bundar disebut dome. Jebakan stratigrafis adalah jebakan dimana sifat lapisan batuan berubah dari berpori menjadi tidak berpori, sehingga menghasilkan kantong yang dapat terisi minyak.

BAB II

KOMPOSISI MINYAK BUMI

Minyak bumi adalah suatu campuran yang sangat kompleks yang terutama terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon, yaitu senyawa-senyawa organik dimana setiap molekulnya hanya mempunyai unsur karbon dan hydrogen saja. Kandungan senyawa hidrokarbon murni dapat mencapai 97 sampai 98% untuk minyak bumi Pennsylvania dan dapat hanya 50% saja untuk beberapa minyak berat dari Mexico atau Mississippi. Disamping itu dalam minyak bumi juga terdapat unsur-unsur belerang, nitrogen, oksigen dan logam-logam khususnya vanadium, nikel, besi dan tembaga, yang terdapat dalam jumlah yang relatif sedikit yang terikat sebagai senyawa-senyawa organik. Air dan garam hamper selalu terdapat dalam minyak bumi dalam keadaan terdispersi. Bahan-bahan bukan hidrokarbon ini biasanya dianggap sebagai kotoran karena pada umumnya akan memberikan gangguan dalam proses pengolahan minyak bumi dalam kilang minyak dan berpengaruh jelek terhadap mutu produk.

Baik senyawa hidrokarbon maupun senyawa bukan hidrokarbon keduanya akan berpengaruh dalam menentukan cara-cara pengolahan yang dilakukan dalam kilang minyak.

1. SENYAWA HIDROKARBON

Walaupun senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam minyak bumi sangat banyak jumlahnya, namun senyawa tersebut dapat dikelompokkan ke dalam tiga golongan senyawa hidrokarbon, yaitu: senyawa hidrokarbon paraffin, naften dan aromatik. Di samping senyawa-senyawa tersebut, dalam produk minyak bumi juga terdapat senyawa hidrokarbon monoolefin dan diolefin, yang terjadi karena rengkahan dalam proses pengolahan minyak bumi alam kilan, misalnya pada distilasi minyak mentah dan proses rengkahan.

1.1 Senyawa hidrokarbon Parafin

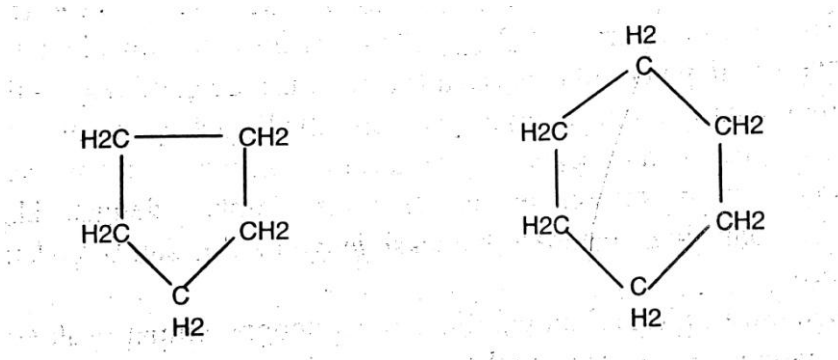
Senyawa Senyawa hidrokarbon parafin adalah senyawa hidrokarbon jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n+2} . Senyawa ini mempunyai sifat-sifat kimia stabil pada suhu biasa tidak bereaksi

dengan asam sulfat pekat dan asam sulfat berasap, larutan alkali pekat, asam nitrat maupun oksidator kuat seperti asam khromat, kecuali senyawa yang mempunyai atom karbon tersier. Bereaksi lambat dengan klor dengan bantuan sinar matahari; bereaksi dengan klor dan brom kalau ada katalis.

Senyawa hidrokarbon parafin sampai dengan empat buah atom karbon, pada suhu kamar dan tekanan atmosfer berupa gas. Metan dan etan terutama terdapat dalam gas alam, sedangkan propan, butan dan isobutan merupakan komponen utama elpiji. Senyawa hidrokarbon parafin dengan lima sampai enam belas buah atom karbon pada suhu kamar dan tekanan atmosfer berupa cairan dan terdapat dalam fraksi nafta, bensin, kerosin, solar, minyak diesel dan minyak bakar. Senyawa hidrokarbon parafin dengan lebih dari enam belas buah atom karbon, pada suhu kamar dan tekanan atmosfer' berupa zat padat, dan terutama terdapat dalam malam parafin.

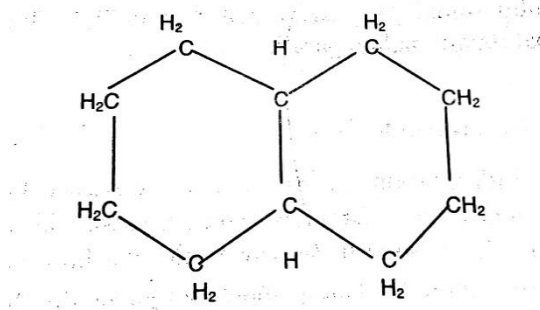
1.2 Senyawa Hidrokarbon naften

Senyawa hidrokarbon naften adalah senyawa hidrokarbon jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n} . Karena senyawa hidrokarbon ini mempunyai sifat kimia seperti senyawa hidrokarbon parafin dan mempunyai struktur molekul siklis, maka senyawa ini juga disebut senyawa sikloparafin. Senyawa hidrokarbon naften yang terdapat dalam minyak bumi ialah siklopentan dan sikloheksan, yang terdapat dalam fraksi nafta dan fraksi minyak bumi dengan titik didih lebih tinggi. Walaupun jumlah atom karbon dalam cincin naften dapat mempunyai harga 3, 4, 5, 6, 7 dan 8, namun umumnya dianggap orang bahwa senyawa naften dalam fraksi minyak bumi hanyalah senyawa naften yang mempunyai cincin dengan 5 dan 6 atom karbon, karena memang senyawa naften inilah yang dapat diisolasi dari fraksi minyak bumi. Adapun struktur molekul siklopentan dan sikloheksan dapat dilihat pada gambar 2-1 berikut ini.



Gambar 2-1. Struktur molekul siklopentan dan sikloheksan

Disamping senyawa naften sederhana, dalam minyak bumi khususnya dalam fraksi beratnya, juga terdapat senyawa naften polisklis, seperti dekalin atau dekahidronaftalen, yang dapat dilihat pada gambar 2-2 berikut ini.

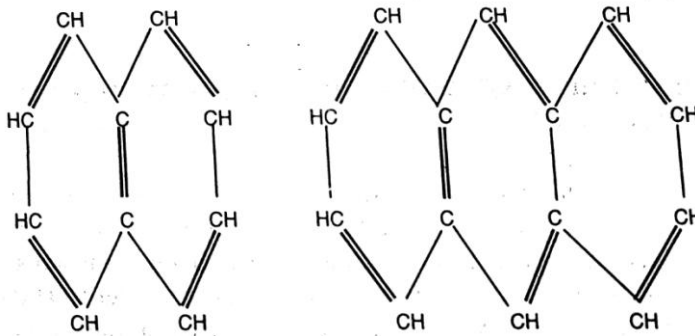


Gambar 2-2. Struktur molekul dekalin

1.3 Senyawa hidrokarbon aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik adalah senyawa hidrokarbon tidak jenuh dengan rumus umum C_nH_{2n-6} , sehingga karenanya senyawa ini mempunyai sifat kimia yang sangat reaktif. Senyawa ini mudah dioksidasi menjadi asam, dapat mengalami reaksi substitusi atau reaksi adisi tergantung kepada kondisi reaksi. Hanya sedikit sekali minyak mentah yang mengandung senyawa aromatik dengan titik didih rendah. Minyak mentah dari Sumatera dan Kalimantan ada yang mempunyai kandungan senyawa aromatik yang tinggi.

Disamping senyawa hidrokarbon aromatik sederhana benzen, dalam minyak mentah juga terdapat senyawa hidrokarbon poliaromatik seperti naftalen dan antrasen, terutama dalam fraksi beratnya. Adapun struktur naftalen dan antrasen dapat dilihat pada gambar 2-3 berikut.



Gambar 2-3. Struktur molekul naftalen dan antrasen

1.4 Senyawa hidrokarbon monoolefin

Senyawa hidrokarbon monoolefin mempunyai rumus umum C_nH_{2n} dan merupakan senyawa hidrokarbon yang tidak jenuh dengan sebuah ikatan rangkap dua. Monoolefin dianggap tidak terdapat dalam minyak mentah, tetapi sedikit banyak terbentuk dalam distilasi minyak mentah dan banyak terbentuk dalam proses rengkahan, sehingga bensin rengkahan mengandung banyak senyawa monoolefin. Senyawa hidrokarbon akan mulai mengalami rengkahan apabila dipanaskan pada suhu sekitar 680 °F. karena mempunyai ikatan rangkap, maka senyawa monoolefin adalah reaktif, sehingga banyak digunakan sebagai bahan dasar utama dalam industry petrokimia, seperti etilen (C_2H_4) dan propilen (C_3H_6).

1.5 Senyawa hidrokarbon diolefin

Senyawa hidrokarbon diolefin mempunyai rumus umum C_2H_{2n-2} dan merupakan senyawa tidak jenuh dengan dua buah ikatan rangkap dua. Seperti halnya dengan monoolefin, senyawa ini tidak terdapat dalam minyak mentah tetapi terbentuk dalam proses rengkahan. Senyawa diolefin tidak stabil, sangat reaktif dan cenderung akan berpolimerisasi dan membentuk damar.

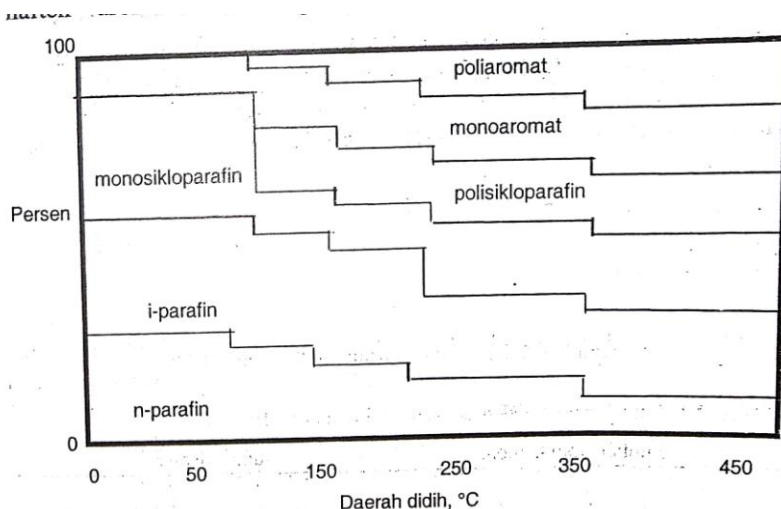
2. DISTRIBUSI SENYAWA HIDROKARBON DALAM MINYAK BUMI

Dalam minyak bumi ternyata bahwa senyawa-senyawa hidrokarbon parafin, naften dan aromatik tidak terdistribusi secara merata dalam semua fraksi. Senyawa hidrokarbon naften polisiklis dan

poliaromatis tidak terdapat dalam fraksi ringan tetapi terdapat dalam fraksi berat. Adapun distribusi senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi terlihat pada gambar 2-4. Terlihat bahwa poliaromat dan polinaften tidak terdapat dalam fraksi ringan, tetapi terdapat dalam fraksi berat. Makin berat fraksinya, kandungan poliaromat dan polinaften akan semakin besar.

3. KOMPLEKSITAS KOMPOSISI MINYAK BUMI

Walaupun senyawa hidrokarbon yang menyusun minyak bumi hanyalah senyawa hidrokarbon parafin, naften dan aromatis, namun demikian komposisi minyak bumi adalah sangat kompleks sekali. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa tersebut di samping berupa senyawa murni, juga dapat berupa senyawa gabungan antara senyawa hidrokarbon parafin – naften, parafin – aromatis, naften – naften (polinaften), naften-aromatis, aromatis-aromatis (poliaromatis) dan parafin – naften – aromatis dan kemungkinan kombinasi yang lain.

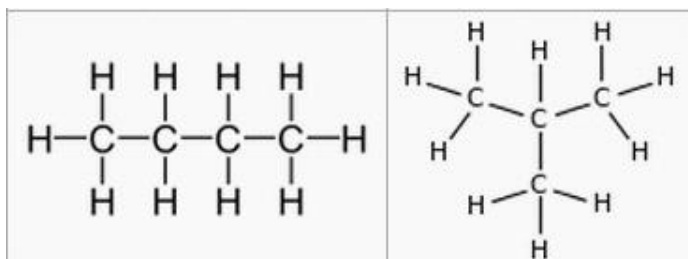


Gambar 2-4. Distribusi senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi (Speight, “The Chemistry and Technology of Petroleum”, Marcel Dekker)

Disamping itu, adanya isomeri dalam senyawa hidrokarbon menyebabkan komposisi minyak bumi menjadi lebih kompleks lagi. Senyawa-senyawa isomer adalah senyawa-senyawa yang mempunyai rumus molekul yang sama tetapi struktur molekulnya berlainan.

Misalnya senyawa hidrokarbon parafin yang pertama-tama mempunyai isomer ialah senyawa hidrokarbon yang mempunyai 4 buah atom karbon yaitu butan. Butan (C_4H_{10}) mempunyai dua buah isomer yaitu n-butan dan i-butan, dimana struktur molekulnya masing-masing ditunjukkan oleh gambar 2-5 berikut. Selanjutnya pentan (C_5H_{12}), mempunyai 3 buah isomer dan heksan C_6H_{14} mempunyai 5 buah isomer. Ternyata bahwa jumlah senyawa isomer dalam senyawa hidrokarbon sangat meningkat dengan bertambahnya jumlah atom karbon. Jumlah isomer yang mungkin untuk senyawa hidrokarbon parafin dapat dilihat pada tabel 2-1.

Akhirnya susunan minyak bumi akan menjadi semakin bertambah kompleks lagi, karena adanya senyawa-senyawa bukan hidrokarbon yang mengandung atom unsur S, O, N dan logam-logam.



Gambar 2-5. Struktur molekul n-butan dan i-butan.

Tabel 2-1. Jumlah isomer dalam senyawa hidrokarbon parafin.

Jumlah atom karbon	Jumlah isomer
4	2
5	3
6	5
7	9
8	18
9	35
12	355
15	4.347
18	60.523
25	36.797.588

4. SENYAWA BUKAN HIDROKARBON

Senyawa bukan hidrokarbon yang terdapat dalam minyak bumi dan produknya adalah senyawa organik yang mengandung atom unsur

belerang, oksigen, nitrogen dan logam-logam. Lazimnya senyawa ini dianggap sebagai pengotor karena pengaruhnya yang tidak baik selama proses pengolahan minyak bumi dalam kilang minyak seperti korosi dan peracunan katalis ataupun pengaruhnya yang tidak baik selama proses pengolahan minyak bumi dalam kilang minyak seperti korosi dan peracunan katalis ataupun pengaruhnya yang jelek terhadap mutu produk. Karena pengotor ini dapat larut dalam minyak bumi atau produknya, maka pengotor ini disebut pengotr oleofilik. Di samping itu, air dengan garam-garam yang terlarut di dalamnya, yang ikut minyak mentah dalam keadaan terdispersi dan tidak larut dalam fase minyak, disebut pengotor oleofobik.

4.1 Senyawa belerang

Disamping sebagai senyawa belerang, didalam minyak bumi belerang dapat juga terdapat sebagai unsur belerang yang terlarut, karena sedikit banyak belerang dapat larut dalam minyak bumi. Kadar belerang dalam minyak mentah berkisar dari 0,04 sampai 6%. Senyawa belerang yang umum terdapat dalam minyak bumi dan produk-produknya, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Minyak bumi Indonesia terkenal sebagai minyak bumi berkadar belerang rendah sampai sedang yang pada umumnya kandungannya kurang dari 1% berat. Apabila minyak mentah didistilasi, maka belerang akan terdistribusi sedemikian ehingga makin berat fraksinya kandungan belerangnya makin besar, dan kira-kira 95% berat dari belerang yang berasal dari umpan akan terdapat dalam fraksi minyak gas dan residu, seperti terlihat dalam tabel 2-3.

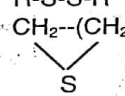
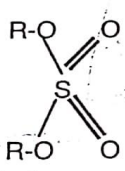
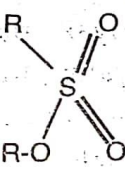
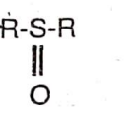
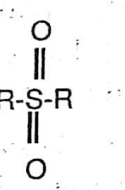
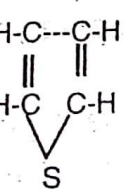
Adanya senyawa belerang dalam minyak bumi dan produknya perlu mendapat perhatian, karena senyawa ini dapat menimbulkan beberapa macam kerugian yaitu:

a. pencemaran udara

Pencemaran udara pertama-tama dapat disebabkan oleh beberapa senyawa belerang yang berbau tidak sedap. Senyawa belerang yang berbau tidak sedap adalah senyawa belerang yang mempunyai titik didih rendah, seperti hydrogen silfis, belerang dioksid dalam gas buang hasil pembakaran, merkaptan sampai dengan enam atom karbon (titik didih sekitar 400 °F), sulfide sampai dengan delapan atom karbon

(titik didih sekitar 3450 °F) dan diantara disulfide hanya metil disulfide saja (titik didih 243 °F).

Tabel 2-2 Senyawa belerang yang terdapat dalam minyak bumi dan produknya.

Hidrogen sulfid	$H-S-H$
Karbon disulfid	$S-C-S$
Merkaptan	$R-S-H$
Sulfid	$R-S-S-R$
Sulfid siklis	$CH_2-(CH_2)_n$ 
Alkil sulfat	
Alkil sulfonat	
Sulfoksid	$R-S-R$ 
Sulfon	
tiofen	

Selanjutnya pencemaran udara dapat juga terjadi karena gas belerang dioksid yang berasal dari gas buang terlarut di dalam kabut, yaitu tetes-tetes halus air di dalam udara. Hal ini dikenal dengan nama smog yang dapat terjadi di kota-kota industry besar yang selalu

berkabut. Belerang dioksid yang berasal dari gas buang dapat juga mengakibatkan hujan asam.

Tabel 2-3. Distribusi belerang dalam produk hasil distilasi minyak mentah

Minyak Mentah	% Berat S dalam Minyak Mentah	% Berat S dalam Produk			
		Bensin	Kerosin	M gas	Residu
Timur Tengah	0,15	0,3	3,6	38,6	57,7
Texas Timur	0,36	0,9	1,3	15,4	82,4
Venezuela Timur	0,55	0,5	1,7	15,5	82,3
Iran	1,4	1,1	1,5	12,6	84,8
Texas Barat	2,0	1,8	4,2	14,8	79,2
Venezuela Barat	2,2	0,05	0,05	6,6	92,8
Kuwait	2,45	0,1	0,8	9,5	89,6

Akhirnya hidrogen sulfide disamping mempunyai bau yang tidak enak, juga sangat beracun dimana konsentrasi 0,1% saja dalam udara sudah dapat mematikan dalam waktu satu setengah jam.

b. Korosi

Korosi yang disebabkan oleh kebanyakan senyawa belerang terutama terjadi pada suhu di atas 300 °F. Korosi ini akan merusakkan alat-alat pengolahan dalam kilang minyak, khususnya alat-alat yang bekerja pada suhu tinggi. Pada suhu rendah senyawa belerang yang disulfide dan boleh jadi merkaptan yang mempunyai titik didih rendah. Misalnya hydrogen sulfide dalam udara lembab akan mengubah besi menjadi besi sulfide yang rapuh.

Selanjutnya gas belerang dioksid dalam gas buang yang terjadi pada pembakaran bahan bakar minyak akan merusakkan cerong baja dan saluran pembuangan gas buang hasil pembakaran mesin, apabila gas ini bereaksi dengan air dan membentuk asam.

c. Menurunkan angka oktan bensin

Penurunan angka oktan bensin oleh senyawa belerang tergantung kepada jumlah dan tipe senyawa belerang. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Birch dan Stausfield ternyata bahwa penurunan angka oktan yang terbesar disebabkan oleh unsur belerang, merkaptan dan etil trisulfid, sedangkan monosulfid, tiofen dan karbon disulfide tidak berpengaruh. Penyelidikan menunjukkan bahwa 0,1% belerang akan menurunkan angka oktan 0 sampai 2 satuan angka oktan.

Bensin straight run mengandung sebagian kecil dari belerang yang mula-mula ada dalam minyak mentah, tetapi bensin rengkahan mengandung belerang 2 sampai 10 kali lebih banyak dari pada bensin straight run, karena kondisi rengkahan menyebabkan terurainya senyawa belerang berat menjadi senyawa belerang yang mendidih dalam daerah didih bensin.

d. menurunkan suseptibilitas bensin terhadap timbal tetraetil

Yang dimaksud dengan suseptibilas (*susceptibility*) bensin terhadap timbal tetraetil (*tetraethyl lead* = TEL) yaitu kenaikan angka oktan bensin apabila ke dalam satu gallon Amerika bensin ditambahkan satu sentimeter kubik timbal tetraetil. Fungsi TEL dalam bensin ialah untuk menaikkan angka oktan bensin. Sehingga untuk memperoleh angka oktan bensin dengan harga tertentu, maka bensin dengan kandungan belerang yang lebih tinggi memerlukan jumlah TEL yang lebih banyak dibanding dengan bensin yang mempunyai kandungan belerang yang lebih rendah, dan ini berarti pula bahwa beayaynya menjadi lebih mahal. Penurunan suseptibilas bensin terhadap TEL, dapat ditunjukkan oleh percobaan Birch dan Stausfielf, yang menggunakan campuran heptan-oktan yang mempunyai angka oktan 65 dan etil disulfide dengan berbagai macam konsesentrasi (tabel 2-4).

e. Meracuni katalis

Pada proses reforming katalitik nafta atau bensin untuk membuat nafta atau bensin dengan angkta oktan yang tinggi, adanya belerang dalam umpan nafta atau bensin dapat meracuni katalis platina. Sehingga pada prses reforming yang menggunakan katalis platina ini menjadi suatu kaharusan bahwa kandungan belerang dalam umpan harus dibatasi serendah mungkin, maksimum 0,2 ppm.

Tabel 2-4. Pengaruh konsentrasi senyawa belerang terhadap penurunan suseptibilas bensin terhadap TEL.

Konsentrasi Etil disulfide (%S)	Angka oktan setelah + 3,3cc TEL per galon Amerika	Kenaikan angkt Oktan
0,00	84	19
0,05	78	13
0,10	76	11
0,20	73	8

Birch & Stausfield, "Petroleum Refinery", Dec. 1950

4.2 Senyawa Oksigen

Kadar oksigen dalam minyak bumi bervariasi dari sekitar 0,1 sampai 2% berat. Oksidasi minyak bumi dengan oksigen karena kontak yang lama dengan udara juga dapat menaikkan kadar oksigen dalam minyak bumi.

Dalam minyak bumi, oksigen terutama terdapat sebagai asam organik yang terdistribusi dalam semua fraksi dengan konsentrasi yang tertinggi pada fraksi minyak gas. Asam organik tersebut terutama terdapat sebagai asam naftenat dan sebagian kecil sebagai asam alifatik. Disamping itu dalam distilat rengkahan dapat terdapat fenol dan kresol. Asam naftenat mempunyai sifat sedikit korosif dan mempunyai bau tidak enak.

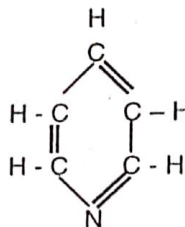
4.3 Senyawa nitrogen

Kadar nitrogen dalam minyak bumi umumnya rendah, berkisar dari kurang 0,1% sampai 2% berat. Minyak yang mempunyai kadar belerang dan aspal tinggi, biasanya juga mempunyai kadar nitrogen tinggi. Senyawa nitrogen terdapat dalam semua fraksi minyak bumi, tetapi konsentrasinya makin tinggi dalam fraksi-fraksi yang mempunyai titik didih yang tinggi.

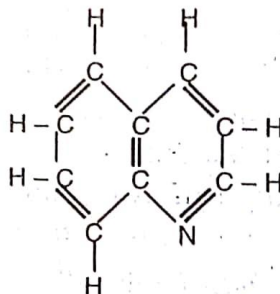
Senyawa nitrogen yang terdapat dalam minyak bumi dapat dibagi menjadi senyawa nitrogen basa, yaitu senyawa piridin atau turunan piridin seperti kinolin dan iso kinolin, yang dapat dilihat pada tabel 2-5, dan senyawa nitrogen bukan basa yaitu senyawa pirol dan turunannya, seperti indol dan kbasol yang dapat dilihat pada tabel 2-6. Semua senyawa nitrogen mempunyai bau yang tidak sedap dan menusuk.

Tabel 2-5. Senyawa nitrogen basa yang terdapat dalam minyak bumi dan produknya.

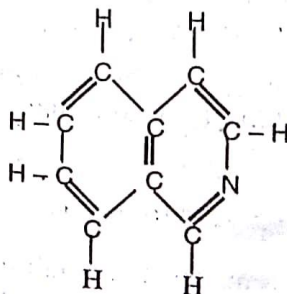
Piridin



Qinolin



i-Qinolin



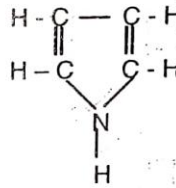
Porfirin yaitu suatu senyawa kompleks logam-nitrogen, juga merupakan konstituen minyak bumi, di mana pirol adalah penyusun utamanya. Porfirin yang sederhana ialah porfin yang terdiri dari 4 buah molekul pirol yang dihubungkan oleh jembatan metin (-CH=), di mana struktur molekulnya dapat dilihat pada gambar 2-6.

Adapun kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh adanya senyawa nitrogen yang terdapat dalam minyak bumi dan produknya ialah:

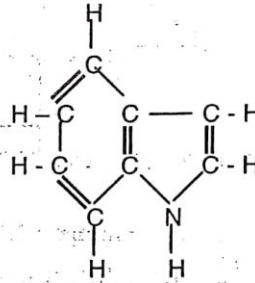
- a. menurunkan aktivitas katalis yang digunakan dalam proses rengkahan, reforming, polimerisasi dan isomerisasi.

Tabel 2-6. Senyawa nitrogen bukan basa yang terdapat dalam minyak bumi dan produk.

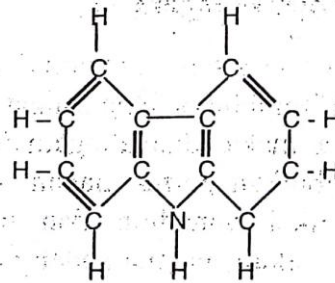
Pirol



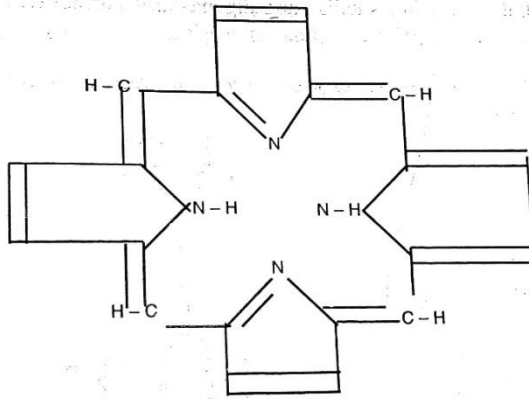
Indol



Karbasol



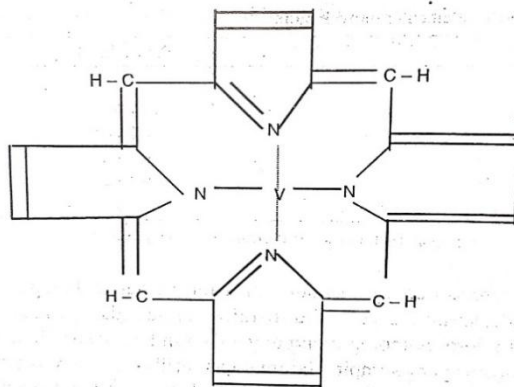
- b. Kerosin yang jernih seperti air (*water white*) pada waktu distilasi, warnanya akan berubah menjadi kemerahan kalau terkena sinar matahari.
- c. Nitrogen dalam bensin juga akan mempercepat pembentukan damar dalam karburator.
- d. Menyebabkan terjadinya endapan dalam minyak bakar pada penyimpanannya.



Gambar 2.6. Struktur molekul porfin

4.4 Senyawa Logam

Praktis semua logam dapat terdapat dalam minyak bumi, tetapi karena jumlahnya yang sangat kecil, yaitu antara 5 sampai 400 bagian per juta, maka adanya logam dalam minyak bumi pada umumnya tidak menimbulkan permasalahan. Kecuali beberapa macam logam seperti besi, nikel, vanadium dan arsen yang walaupun jumlahnya hanya sedikit sekali, namun sudah dapat meracuni beberapa katalis. Disamping itu logam vanadium yang terdapat dalam minyak bakar dapat menyebabkan korosi turbin gas dan pipa-pipa pembangkit uap, merusak batu tahan api dinding apur dan menurunkan mutu produk pecah belah dalam industry keramik. Logam-logam berat seperti vanadium, nikel dan tembaga di dalam minyak bumi umumnya dianggap terdapat sebagai senyawa kompleks porfirin, dimana logam-logam ini terdapat di pusatnya, seperti pada gambar 2-7 berikut ini.



Gambar 2-7. Struktur molekul senyawa kompleks logam-porfin.

Sedangkan logam garam anorganik yang dapat larut dalam air, seperti garam klorid dan sulfat dari logam natrium, kalium, magnesium dan kalsium, terdapat dalam minyak bumi dalam keadaan terdispersi.

Dalam distilasi minyak mentah, senyawa logam cenderung untuk berkumpul dalam fraksi residu.

5. KOMPOSISI ELEMENTER MINYAK BUMI

Walaupun minyak bumi mempunyai komposisi kimia dan sifat fisis yang dapat sangat berbeda-beda, namun komposisi elementer mempunyai daerah harga yang sempit. Komposisi elementer minyak bumi dapat dilihat pada tabel 2-7.

Komposisi elementer minyak bumi yang mempunyai kisaran harga yang sempit ini, khususnya untuk unsur karbon dan hidrogen.

Tabel 2-7. Komposisi elementer minyak bumi

Komposisi	Persen berat
Karbon	83 – 87
Hidrogen	11 – 15
Belerang	0,04 – 6
Oksigen	0,1 – 2
Nitrogen	0,1 – 2
Logam	0 – 0,1

Grus & Stevens, “Chemical Technology of Petroleum”, McGraw-Hill

Disebabkan karena minyak mentah hanya terdiri dari beberapa deret homolog hidrokarbon saja., yaitu parafin, naften dan aromatis dan dimana setiap deret homolog mempunyai daerah komposisi elementer dalam batas-batas yang sempit. Hal ini dapat terlihat dari rumus umum senyawa hidrokarbon parafin, senyawa hidrokarbon naften dan senyawa hidrokarbon aromatis yang masing-masing yaitu C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} dan C_nH_{2n-6} . Dengan demikian maka rasio antara atom unsur karbon dan hidrogen juga mempunyai daerah harga yang sempit. Dalam minyak bumi, banyaknya atom karbon dalam senyawa hidrokarbon parafin dapat mencapai lebih dari pada 40 buah, dalam senyawa hidrokarbon naften hanya ada 5 dan 6 buah, sedangkan dalam senyawa hidrokarbon aromatis hanya 6 buah saja.

Juga adanya perbedaan bagian deret homolog dalam minyak bumi, tidak akan banyak berpengaruh terhadap komposisi campuran keseluruhan. Adanya bahan aspal dalam jumlah yang cukup banyak dalam minyak mentah hanya lebih mempersulit untuk mendapatkan minyak pelumas yang baik dari minyak mentah. Adanya malam parafin dalam jumlah yang cukup banyak terhadap komposisi elementer minyak mentah adanya kandungan malam parafin yang besar dalam minyak mentah hanya akan mempersulit untuk mendapatkan minyak pelumas dengan titik tuang yang rendah. Selanjutnya adanya kandungan aromatik yang tinggi dalam minyak mentah, juga tidak akan berpengaruh banyak terhadap komposisi elementer minyak mentah, tetapi hanya akan lebih menyulitkan untuk memperoleh kerosin yang baik dari minyak mentah tersebut.

BAB III

KLASIFIKASI MINYAK BUMI

Karena setiap lapangan minyak menghasilkan minyak mentah yang berbeda dengan minyak mentah yang dihasilkan oleh lapangan minyak lainnya, maka perlu adanya suatu cara klasifikasi untuk menentukan golongan-golongan minyak mentah sehingga dapat diperoleh suatu gambaran mengenai produk-produk yang sekiranya dapat dihasilkan dari setiap golongan minyak mentah. Berhubung komposisi kimia minyak mentah mempunyai variasi yang praktis tidak terhingga, maka klasifikasi minyak mentah menjadi sangat sukar dan sampai sekarang belum ada satupun cara klasifikasi yang benar-benar memuaskan.

Berikut ini akan diuraikan beberapa cara kasifikasi minyak mentah yang pernah diajukan.

1. KLASIFIKASI BERDASARKAN GRAVITAS API ATAU BERAT JENIS

Klasifikasi yang paling sederhana ialah klasifikasi yang didasarkan kepada gravitas API atau berat jenis, karena jika gravitas API minyak mentah tinggi atau berat jenis minyak mentah rendah, maka ada kecenderungan bahwa minyak mentah tersebut mengandung fraksi ringan dalam jumlah yang besar. Jadi minyak mentah dengan gravitas 35° API biasanya lebih berharga daripada mintak mentah dengan gravitas 30° API, karena minyak mentah yang pertama akan mengandung fraksi ringan (bensin, kerosin) lebih banyak dan fraksi berat (residu) lebih sedikit dibandingkan dengan minyak mentah yang kedua.

Berdasarkan gravitas API atau berat jenis, minyak mentah dibagi kedalam lima jenis minyak mentah yaitu: minyak mentah ringan, minyak mentah ringan sedang, minyak mentah berat sedang, minyak mentah berat dan minyak mentah sangat berat, seperti terlihat pada tabel 3-1.

Tabel 3-1. Klasifikasi minyak bumi berdasarkan gravitas API atau berat jenis.

Jenis Minyak	Gravitas API		Berat Jenis	
	Dari	Sampai	Dari	Sampai
Mentah				
Ringan	>39,0		<0,830	
Ringan Sedang	39,0	35,0	0,830	0,850
Berat Sedang	35,0	35,0	0,850	0,865
Berat	35,0	24,8	0,865	0,905
Sangat Berat	<24,8		>0,905	

Kontawa, “Minyak Bumi Pengklasifikasian dan Evaluasi”, Lemigas

2. KLASIFIKASI BERDASARKAN KANDUNGAN MALAM DAN ASPAL

Pada permulaan perkembangan industry minyak bumi ternyata bahwa minyak mentah dari Pennsylvania mengandung malam parafin dan tidak mengandung aspal, minyak mentah dari California mengandung aspal dan tidak mengandung malam parafin, sedang minyak mentah dari Mid Continent mengandung baik malam parafin dan aspal. Sehingga berdasarkan kandungan malam parafin dan aspal minyak mentah dapat dibagi ke dalam tiga golongan dasar minyak mentah yaitu:

1. Minyak mentah dasar parafin
2. Minyak mentah dasar aspal
3. Minyak mentah dasar campuran atau tengahan.

Minyak mentah dasar aspal selanjutnya juga disebut minyak mentah dasar naften, dengan anggapan yang keliru bahwa minyak mentah dasar aspal sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon naften.

Ternyata bahwa sebagian besar minyak mentah, kira-kira 90% termasuk dalam golongan minyak mentah dasar campuran, sedang 10% lainnya termasuk dalam golongan minyak mentah dasar parafin dan aspal.

Dengan makin banyak ditemukannya lapangan minyak baru, ternyata ada beberapa minyak bumi yang kaya akan senyawa aromatik. Sehingga timbul golongan dasar minyak mentah yang baru yaitu golongan dasar aromatik.

Minyak mentah juga diberi nama lapangan atau daerah dimana minyak mentah itu ditemukan, misalnya minyak mentah Minas, minyak

mentah Duri, minyak mentah Rantau, minyak mentah Lirik, minyak mentah Sumatera Selatan, minyak mentah Kawengan, minyak mentah Ledok, minyak mentah Tanjung dan lain sebagainya.

3. KLASIFIKASI BERDASARKAN KOMPOSISI KIMIA

Klasifikasi ini diajukan oleh Sachanen yang didasarkan kepada komposisi kimia fraksi minyak bumi yang mempunyai daerah didih antara 250 - 300° C, seperti terlihat pada tabel 3-2 di bawah.

Tabel 3-2. Klasifikasi minyak mentah menurut Sachanen.

Golongan	Komposisi fraksi 250 - 300° C				
	% Paraf	% Naften	% Arom	% Malam	% Aspal
Parafin	46 – 61	22 – 32	12 25	1,5 – 10	0 – 6
Par – naft	42- 45	38 – 39	16 – 20	1 6	0 -6
Naften	16 – 26	61 – 76	8 13	sedikit	0 – 6
Par-naft-arom	27 – 35	36 – 47	26 – 33	0,5 – 1	0 – 10
Naft-arom	0 - 8	57 - 78	20 - 25	0 – 0,5	0 -20

Van Nes & Van Westen, "Aspects of The Constitution of Mineral Oils". Elsevier

Kesulitan dalam klasifikasi ini ialah bahwa fraksi yang mendidih di atas 200°, molekul – molekulnya jarring terdapat dalam keadaan murni tetapi dalam keadaan gabungan. Molekul naften atau aromatik murni sangat jarang dijumpai; senyawa silikils umumnya mengandung rantai cabang parafin dan malahan seringkali cincin aromatik dan cincin naften berdampingan..

4. KLASIFIKASI MENURUT U.S. BUREAU OF MINES

Klasifikasi minyak bumi yang pada waktu sekarang banyak digunakan ialah klasifikasi menurut Lane dan Garton dari U.S. Bureau of Mines. Sebagai dasar klasifikasinya digunakan gravitasi API fraksi kunci nomer 1 dan nomer 2, yang diperoleh dengan jalan distilasi dengan alat distilasi Hempel Standard. Fraksi kunci nomer 1 adalah fraksi minyak bumi yang mendidih pada suhu antara 482 sampai 527°F atau antara 250 sampai 275° C pada tekanan 1 atmosfer, sedang fraksi kunci nomer 2 mendidih pada suhu antara 527 sampai 572° F atau antara 275 sampai 300° F pada tekanan 40 mm Hg. Fraksi kunci nomer 1 termasuk dalam fraksi kerosin, sedang

fraksi kunci nomer 2 termasuk dalam fraksi minyak pelumas. Untuk minyak mentah dasar parafin, fraksi kunci nomer 1 harus mempunyai gravitas API sama atau lebih dari 40° dan fraksi kunci nomer 2 harus mempunyai gravitas API sama atau lebih dari 30°. Untuk minyak mentah dasar naften, fraksi kunci nomer 1 harus mempunyai gravitas API sama atau kurang dari 33° dan fraksi kunci nomer 2 harus mempunyai gravitas API sama atau kurang dari 20°. Sedang untuk minyak mentah dasar tengahan, fraksi kunci nomer 1 harus mempunyai gravitas API antara 33° dan 40°, dan fraksi kunci nomer 2 harus mempunyai gravitas API antara 20° dan 30°. Dengan demikian ada sembilan kemungkinan golongan dasar minyak mentah, seperti tertera pada tabel 3-3 di bawah. Sebagai tambahan, adanya malam parafin dalam fraksi kunci no2 dapat ditunjukkan oleh titik kabutnya. Apabila titik kabutnya di bawah 5° F, berarti bahwa kandungan malam parafin kecil dan dikatakan bahwa minyak mentah bebas malam parafin.

Walaupun secara teoritis ada Sembilan golongan dasar minyak mentah, tetapi dalam praktek hanya ada tujuh golongan dasar minyak mentah saja yang dikenal. Dua golongan dasar minyak mentah yang belum pernah dijumpai sampai sekarang adalah golongan dasar parafin-naften dan naften-parafin. Adapun klasifikasi minyak mentah Indonesia menurut U.S. Bureau of Mines dapat dilihat pada lampiran I.

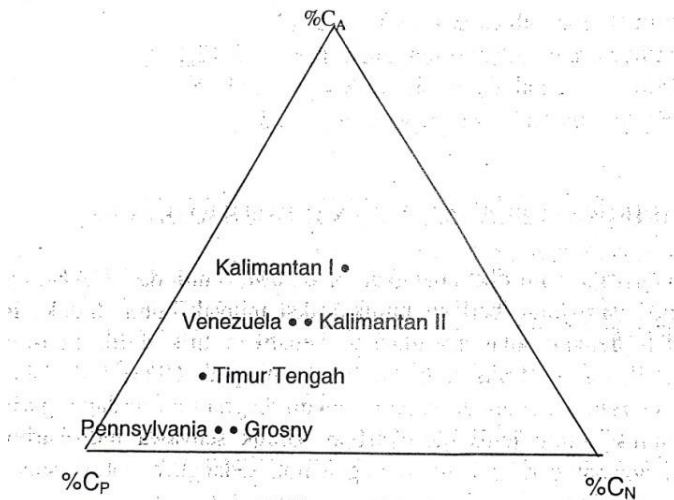
Tabel 3-3. Klasifikasi minyak bumi menurut U.S. Bureau of Mines.

Golongan Dasar	Gravitas API	
	Fraksi Kunci nomor 1	Fraksi kunci nomer 2
1. parafin-parafin	> 40	> 30
2. parafin-tengahan	> 40	20 - 30
3. parafin-naften	> 40	< 20
4. tengahan-parafin	33 – 40	> 30
5. tengahan-tengahan	33 – 40	20 – 30
6. tengahan-naften	33 – 40	< 20
7. naften-parafin	< 33	> 30
8. naften-tengahan	< 33	20 - 30
9. naften-naften	< 33	< 20

5. KLASIFIKASI MENURUT DISTRIBUSI AROM KARBON

Klasifikasi ini diajukan oleh Van Ness dan Van Westen yang didasarkan atas distribusi karbon parafinik, naftenik dan aromatic dalam minyak mentah. Untuk klasifikasi ini dapat digunakan diagram segitiga, di mana ketiga titik sudutnya masing-masing menunjukkan persentase karbon parafin C_p , persentase karbon naften C_N dan persentase karbon aromatik C_A . Jadi sebuah titik yang ada di dalam diagram akan menunjukkan distribusi struktur karbon parafin, naften dan aromatik dalam sesuatu minyak mentah, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3-1.

Distribusi karbon dapat ditentukan dengan metoda n-d-M, yaitu dengan jalan mengukur indeks bias n , densitas d dan berat molekul rata-rata contoh M . Indeks bias dan densitas ditentukan pada suhu 20°C . Selanjutnya dengan menggunakan rumus empiri dapatlah hitungan persentase karbon parafin, karbon naften dan karbon aromatik dalam minyak mentah, yang selanjutnya kedudukan minyak mentah tersebut dalam diagram segitiga dapat ditentukan.



Gambar 3-1, Distribusi karbon beberapa minyak (Van Nes & Van Westen, "Aspects of The Constitution of Mineral Oils", Elsevier)

6. KLASIFIKASI BERDASARKAN FAKTOR KARAKTERISASI

Klasifikasi ini diajukan oleh Watson dari Universal Oil Product Company yang didefinisikan faktor karakterisasi Watson K sebagai berikut:

$$K = \frac{\sqrt[3]{T_B}}{S}$$

Dimana T_B mula – mula didefinisikan sebagai titik didih rerata molal, kemudian berubah menjadi titik didih rerata kubis dan akhirnya menjadi titik didih rerata tengahan dalam °R dan S adalah berat jenis pada 60/60°F. klasifikasi ini juga berlaku untuk fraksi minyak bumi langsung (*Straight run fractions*). Adapun factor karakteristik untuk berbagai golongan dasar minyak mentah adalah sebagai berikut:

Minyak mentah dasar parafin: $K > 12,1$

Minyak mentah dasar tengahan: $K = 11,5 - 12,1$

Minyak mentah dasar naften: $K = 10,5 - 11,45$

Minyak mentah dasar aromatis: $K < 10,5$

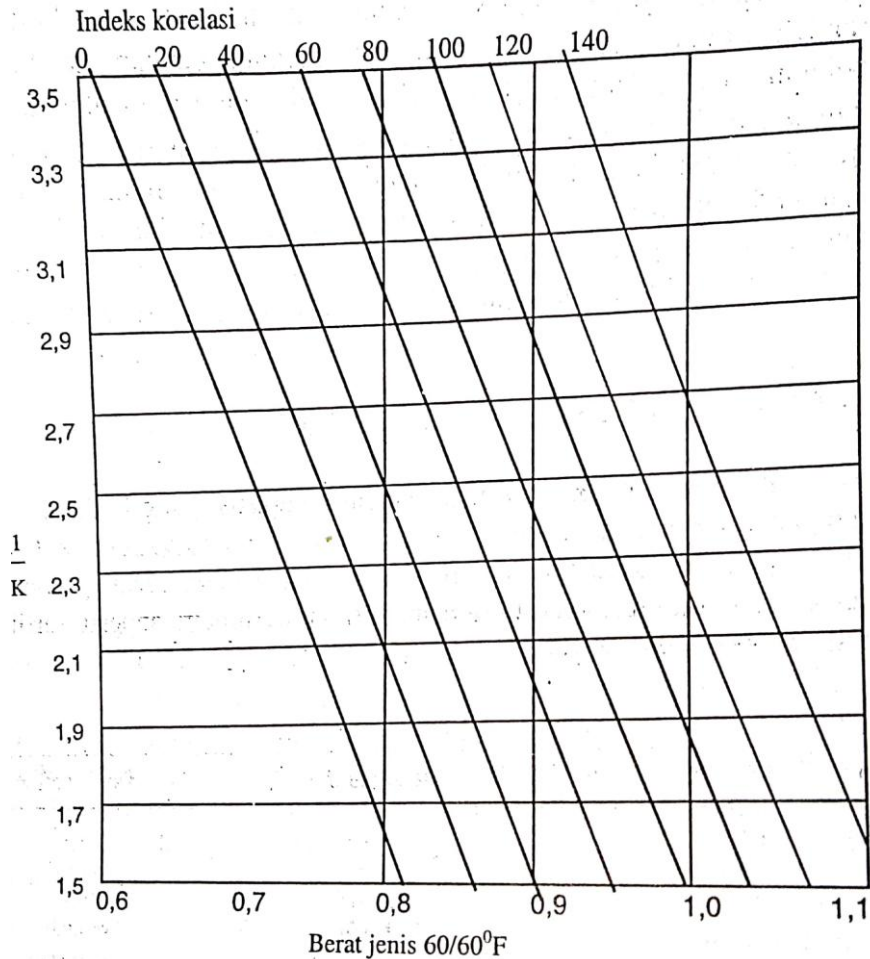
7. KLASIFIKASI BERDASARKAN INDEKS KORELASI

Klasifikasi ini dikembangkan oleh H.M. Smith dari US Bureau of Mines yang juga berlaku untuk fraksi minyak bumi. Indeks ini diperoleh dengan jalan melukiskan kebalikan titik didih rata-rata volumetric sesuatu fraksi terhadap berat jenis pada 60/60° F di dalam garis untuk setiap hidrokarbon. Untuk senyawa hidrokarbon parafin normal garis ini diberik angka nol, sedangkan untuk bensin diberi angka 100, seperti terlihat pada gambar 3-2.

Berdasarkan grafik tersebut, selanjutnya dapat dijabarkan persamaan empiric sebagai berikut:

$$I.K. = 473,78 - 456,8 + 48.640/K$$

Dimana I.K. adalah indeks korelasi, S adalah gravitas jenis pada 60/60° F dan K adalah titik didih rerata dalam K. Harga indeks antara 0, sampai 15 menunjukkan bahwa hidrokarbon parafin dalam fraksi dominan; harga antara 15 sampai 50 menunjukkan bahwa hidrokarbon naften atau campuran hidrokarbon parafin, naftendean aromatis dalam fraksi dominan dan harga indeks di atas 50 menunjukkan bahwa hidrokarbon aromatis dalam fraksi dominan.



Gambar 3-2. Diagram referensi indeks korelasi.

8. KLASIFIKASI MINYAK BUMI LAINNYA

Disamping klasifikasi minyak bumi yang telah diuraikan di atas, masih ada beberapa cara klasifikasi lainnya, di antaranya ialah klasifikasi minyak bumi yang di dasarkan kepa kandungan belerang, di maa minyak mentah digolongkan kedalam 3 golongan minyak mentah, yaitu minyak mentah dengan kandungan belerang rendah (kurang dari 0,1%), minyak mentah dengan kandungan belerang sedang (antara 0,1 sampai 1,0%) dan minyak mentah dengan kandungan belerang tinggi (di atas 1,0%). Di samping itu minyak mentah dapat juga dibagi ke dalam minyak mentah masam (*sour crude*) dan minyak mentah manis (*sweet crude*) yang tidak di dasarkan kepada kandungan belerang, tetapi

kandungan hidrogen sulfide. Batas kandungan hidrogen sulfide adalah 0,05 ft³/100 galon minyak mentah.

9. SIFAT-SIFAT UMUM MINYAK BUMI

Karena minyak bumi mempunyai komposisi yang berbeda satu dengan yang lain, maka dengan sendirinya sifat-sifatnya juga berbeda. Walaupun demikian untuk minyak bumi yang mempunyai golongan dasar tertentu, terdapat kesamaan sifat-sifat umum seperti terlihat dalam tabel 3-4 dibawah.

Tabel 3-4. Sifat-sifat umum minyak bumi

Sifat - sifat	Dasar parafin	Dasar naften
Gravitas API	tinggi	rendah
Kandungan nafta	tinggi	rendah
Angka oktan bensin	rendah	tinggi
Titik asap kerosin	tinggi	rendah
Angka cetan solar	tinggi	rendah
Titik tuang minyak pelumas	tinggi	rendah
Indeks viskositas minyak pelumas	tinggi	rendah

Minyak mentah dasar tengahan mempunyai sifat-sifat yang terletak diantara sifat-sifat minyak mentah dasar parafin dan minyak mentah naften. Dari tabel diatas terlihat bahwa tidak ada minyak mentah yang fraksi-fraksinya mempunyai sifat-sifat yang semuanya serba baik. Namun hal ini sekarang tidak menjadi masalah, karena dengan teknologi yang ada pada waktu sekarang oang dapat memperbaiki sifat produk sampai ada tingkat yang diinginkan.

BAB IV

UJI MINYAK BUMI DAN PRODUKNYA

Uji minyak bumi dan produknya yang dilakukan di dalam laboratorium sebagian bersifat fisis dan sebagian lainnya bersifat kimia. Agar dapat dibuat duplikat hasil uji, maka dalam uji-uji diperlukan alat-alat baku dan prosedur-prosedur baku. Untuk itu maka komite D-2 American Society for Testing and Materials menerbitkan suatu publikasi tahunan *Annual Book of ASTM Standards* untuk produk minyak bumi dan bahan pelumas “*Petroleum Products and Lubricants*” yang memuat secara rinci mengenai prosedur-prosedur baku dan alat-alat baku yang digunakan dalam uji minyak bumi dan produknya. Disamping itu, prosedur-prosedur baku dan alat-alat baku uji minyak bumi dan produknya dapat juga diperoleh dari *Standard Methods for Testing Petroleum*. Beberapa uji baku tertentu juga dibuat oleh beberapa perusahaan minyak antara lain misalnya oleh Shell.

Pada umumnya uji minyak bumi dan produknya dapat dikerjakan dengan cepat, mudah dibuat duplikat oleh teknisi laboratorium biasa dan hasil ujinya dapat diinterpretasikan sebagai fungsi kinerja produk selama penggunaan. Disamping itu, uji rutin juga dikerjakan dalam laboratorium kilang dan dimaksudkan agar hasil-hasilnya dapat digunakan untuk mengendalikan alat-alat atau unit-unit dalam operasi kilang. Uji ini tidak hanya dikenakan kepada bahan baku dan produk antara, tetapi juga dikenakan kepada produk jadi yang ada dalam tangki penyimpanan, kereta tangka, pipa saluran, tangker dan stasiun pengisian.

Karena sangat banyaknya jenis-jenis uji, maka hanya beberapa macam uji yang sering dijumpai saja yang akan dibicarakan di sini, sedangkan uji-uji lainnya dapat dilihat pada pustaka yang telah disebutkan di atas.

Pengertian duplikat hasil uji tidak berarti bahwa uji yang kedua hasilnya harus persis sama dengan hasil uji yang pertama. Hasil uji kedua sudah boleh dikatakan sama dengan hasil uji pertama apabila telah memenuhi harga-harga reprodusibilitas dan reproduksibilitas yang disyaratkan untuk setiap jenis uji.

Reprodusibilitas adalah hal diulanginya kembali sesuatu uji apabila beda hasil kedua uji yang dilakukan oleh seseorang melampaui harga

yang telah ditetapkan. Sedangkan reproduksibilitas adalah hal diulanginya kembali sesuatu uji apabila hasil kedua uji yang dilakukan oleh dua orang melampaui harga yang telah ditetapkan.

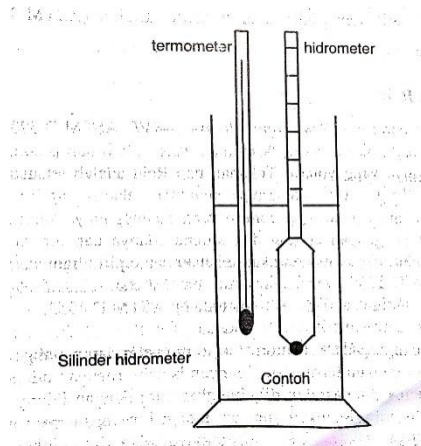
1. Densitas, Berat Jenis dan Gravitasi API

Densitas minyak adalah massa minyak per satuan volum pada suhu tertentu. Berat jenis (*Specific gravity*) atau rapat relative (*relative density*) minyak adalah perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu dengan rapat air pada suhu tertentu. Untuk minyak bumi suhu yang digunakan adalah 15° C atau 60° F. Gravitasi API (American Petroleum Institute) yang sangat mirip dengan gravitasi Baume adalah suatu besaran yang merupakan fungsi dari berat jenis yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\text{Gravitasi API} = \frac{141,5}{S_{60/60^{\circ}\text{F}}} - 131,5$$

Dimana $S_{60/60^{\circ}\text{F}}$ adalah berat jenis pada suhu 60° F.

Densitas, berat jenis dan gravitasi API minyak bumi dan produknya dapat ditentukan dengan beberapa macam cara, antara lain dengan menggunakan hydrometer (ASTM D 1298-85; IP 160/82) yang umumnya dikenakan kepada minyak mentah dan produknya yang berupa cairan dan yang mempunyai tekanan uap Reid kurang dari 26 lb (179 kPa). Di samping itu khusus untuk gravitasi API saja, dapat juga ditentukan dengan cara hydrometer dengan metode ASTM D 287-82. Pada dasarnya uji ini dilakukan dengan menempatkan hydrometer yang mempunyai skala densitas, berat jenis atau gravitasi API pada contoh yang akan diuji yang mempunyai suhu tertentu dan selanjutnya dibaca skala hydrometer yang dipotong oleh permukaan contoh sebagai densitas, berat jenis atau gravitasi API contoh pada suhu yang berlaku (gambar 4-1). Harga yang diperoleh harus dikembalikan kesuhu 15° C (60° F), dengan menggunakan Petroleum Measurement Tables, ASTM D 1250-80. Uji tidak harus dilakukan pada suhu 15° C (60° F), tetapi disesuaikan dengan keadaan contoh. Namun pengukuran yang paling teliti ialah apabila suhu contoh adalah 15°C (60°F). suhu uji antara 0 dan 190°F masih dimungkinkan, selama masih sesuai dengan tipe contoh, sesuai dengan kondisi batas yang diharuskan.



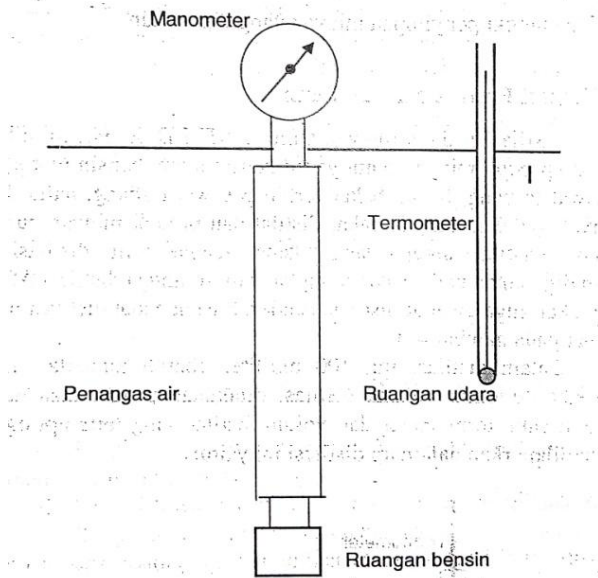
Gambar 4-1. Penentuan densitas, berat jenis atau grabitas API dengan cara hydrometer

Untuk menentukan densitas atau berat jenis hidrokarbon ringan, elpiji misalnya dapat digunakan hydrometer termo tekanan (ASTM D 1657). Uji dilakukan pada suhu 15°C (60°F) dengan menggunakan hydrometer dan bantuan penangas air yang dilengkapi dengan thermostat untuk mempertahankan suhu penangas tetap pada suhu tersebut. Di samping itu densitas dan berat jenis hidrokarbon dan fraksi minyak bumi yang mendidih antara 90 dan 110°C dan berupa cairan pada suhu 20 dan 25°C , dapat ditentukan dengan pinkometer bingham (ASTM D 1217-86). Sedangkan untuk bahan cair yang kental, densitas dan berat jenis dapat ditentukan dengan pinkometer Bingham (ASTM D 1480-86) atau pinkometer bikapiler Lipkin (ASTMD 1481-86).

2. Tekanan Uap Reid

Uji tekanan uap reid (*Reid Vapor Pressure-RVP*, ASTM D 323-90) dikenakan kepada bensin, minyak mentah yang volatile dan produk minyak bumi lainnya yang volatilitas. Tekanan uap Reid adalah tekanan mutlak pada suhu $37,8^{\circ}\text{C}$ (100°F) dalam psi atau kpa. Tekanan uap Reid tidaklah sama dengan tekanan uap contoh yang sesungguhnya karena terjadinya sedikit penguapan contoh dan adanya uap air dan udara dalam ruangan. Untuk menentukan tekanan uap elpiji, digunakan metode uji ASTM D 1267, sedangkan untuk menentukan tekanan uap campuran bensin-oksigen, digunakan metode uji ASTM D 4953.

Alat utama untuk menentukan tekanan uap Reid terdiri dari ruangan bensin, ruangan udara, manometer, thermometer dan penegas air yang dilengkapi dengan thermostat. Ruangan bensin, ruangan udara dan manometer dapat dilepas atau dihubungkan satu dengan lainnya (gambar 4-2). Uji ini dilakukan dengan mengisi ruangan bensin sampai penuh dengan contoh yang sebelumnya telah didinginkan. Ruangan bensin kemudian dihubungkan dengan ruangan udara dan manometer dan selanjutnya rangkaian alat ini direndam di dalam penangas air yang mempunyai suhu tetap yaitu $37,8 + 0,1^{\circ}\text{C}$ atau $100 + 0,2^{\circ}\text{F}$. secara periodic rangkaian alat ini dikeluarkan dari penangas air dan digojok sampai akhirnya manometer menunjukkan harga tekanan keseimbangan yang tetap merupakan tekanan uap Reid contoh.



Gambar 4-2. Alat uji tekanan uap Reid

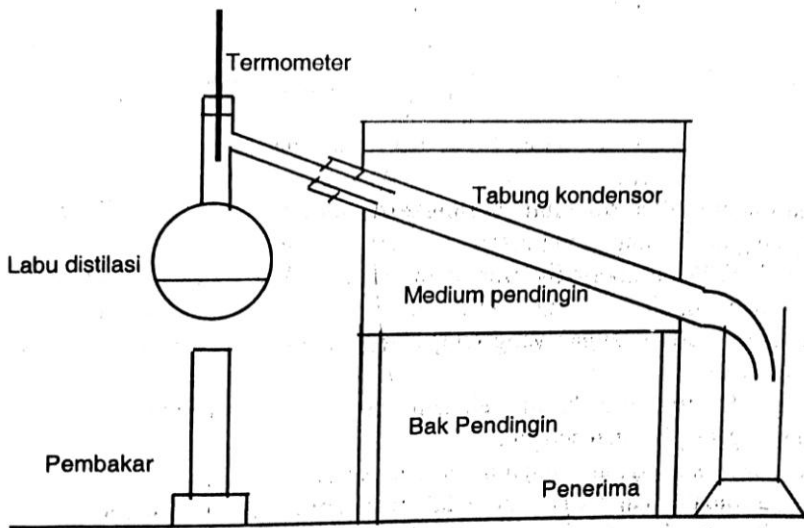
Dalam praktek, uji tekanan uap reid mempunyai arti yang penting sehubungan dengan:

- a. Keamanna dalam pengangkutan bahan bakar minyak
- b. Sumbatan uap (*Vapor lock*) dalam sistem pengumpanan bensin.
- c. Karakteristik mesin motor untuk dihidupkan dalam keadaan dingin (*Starting characteristics*).
- d. Tipe tangka penyimpan minyak yang digunakan.

3. Distilasi Produk Minyak Bumi

Distilasi produk minyak bumi (ASTM D 86-90) ini dikenakan kepada produk minyak bumi yaitu: bensin alam, bensin motor, bensin pesawat terbang, bahan bakar turbin pesawat terbang, nafta, kerosin, minyak gas dan minyak bakar distilat dan produk minyak bumi yang telah digunakan pada waktu yang lampau, sehingga distilasi ASTM ini seringkali juga disebut distilasi Engler. Susunan alat distilasi ini dapat dilihat pada gambar 4-3.

Dalam distilasi ini, 100 mililiter contoh distilasi untuk prosedur tertentu. Selama distilasi dilakukan pengamatan dan pencatatan suhu termometer dan volum distilat yang tertampung. Yang perlu dilaporkan dalam uji distilasi ini yaitu:



Gambar 4-3. Susunan alat distilasi ASTM

- Titik didih awal (*initial boiling point – IBP*), yaitu suhu dimana distilat pertama-tama menetes dari ujung kondensor.
- Suhu pada berbagai persentase distilasi, yaitu pada: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 95% distilasi.
- Titik didih akhir (*end point – EP* menurut ASTM atau *final boiling point – FBP* menurut IP), yaitu suhu tertinggi yang dicapai selama uji, yang biasanya terjadi setelah penguapan semua cairan dari dasar labu.

- Persen perolehan (*percent recovery*), yaitu persentase volum kondensat yang tetampung dalam gelas ukur penerima.
- Persen residu (*percent residue*), yaitu persentase volum residu yang tertinggal dalam labu.
- Persen perolehan total (*percent total recovery*), yaitu jumlah persen perolehan dan persen residu.
- Persen kehilangan (*percent loss*), yaitu 100 dikurangi dengan persen perolehan total.
- Persen teruapkan (*percent evaporated*), yaitu jumlah persen perolehan dengan persen kehilangan.

Dari data distilasi tersebut selanjutnya dapat dibuat kurve distilasi ASTM yang menunjukkan hubungan suhu dengan persen penguapan pada kondisi uji. Setiap bensin mempunyai kurve distilasi tertentu, dan dengan jalan membandingkan kurve-kurve distilasinya, dapatlah ditentukan volatilitas relative bensin. Bensin yang mempunyai tekanan uap Reid yang sama, belum tentu mempunyai kurve destilasi yang sama, sehingga sifat volatilitasnyapun juga berbeda.

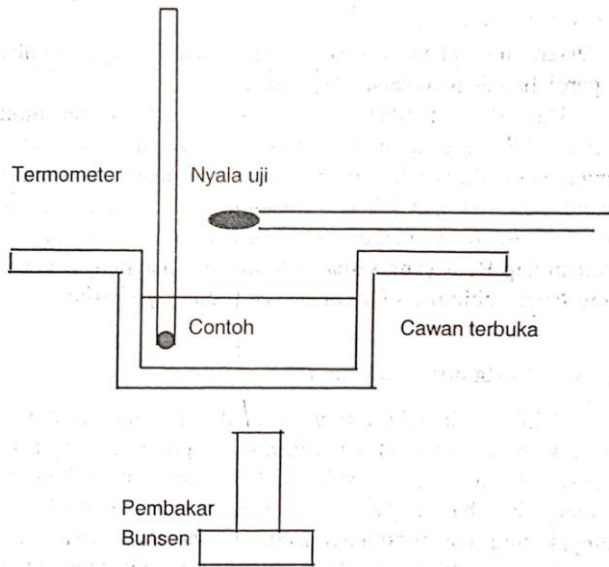
4. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala (*flash point*) adalah suhu terendah dimana uap minyak bumi dan produknya dalam campurannya dengan udara akan menyala kalau dikenai nyala uji (*test flame*) pada kondisi tertentu. Sendang titik bakar (*fire point*) adalah suhu terendah dimana uap minyak bumi dan produknya akan menyala dan terbakar secara terus menerus kalau dikenai nyala uji (*test flame*) pada kondisi tertentu.

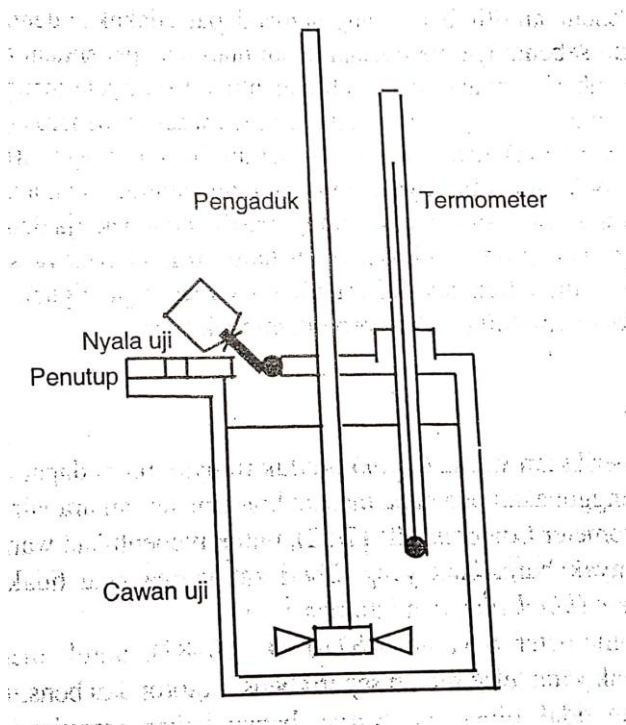
Ada tiga macam alat uji yang dapat digunakan untuk memnrukan titik nyala dan titik bakar minyak bumi dan produknya, yaitu:

- a. Alat uji cawan terbuka Cleveland (ASTM D 92-90, IP 36/84) yang dapat digunakan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar semua produk minyak bumi, kecuali minyak bakar yang mempunyai titik nyala cawan terbuka dibawah 79 C (175° F), seperti terlihat pada gambar 4-4.
- b. Alat uji cawan tertutup pesku-martens (ASTM D 93-80; IP 34/85) yang dapat digunakan untuk menentukan titik nyala minyak bakar, minyak pelumas dan suspense pdatan (gambar 4-5).

- c. Alat uji cawan tertutup Abel (IP 170/75), yang dapat digunakan untuk menentukan titik nyala produk minyak bumi yang mempunyai titik nyala antara 18° C (0°F) dan 71°C (160°F).



Gambar 4-4. Alat uji cawan terbuka Cleveland



Gambar 4-5. Alat uji cawan tertutup Pensku Martens

Titik nyala ditentukan dengan jalan memanaskan contoh yang ditempatkan di dalam cawan dengan kecepatan pemanasan yang tetap, yaitu 5-6° C/menit atau 10° F/menit untuk alat uji Cleveland dan Pensky Martens; 1° C/Menit atau 2° F/menit untuk alat uji Abel. Selanjutnya pada kenaikan suhu terentu setelah contoh mencapai suhu tertentu 17-28° C (30° - 50° F) dibawah flash point yang diperkirakan untuk alat uji Cleveland dan Pensky-Martens; 9° C (16°F) dibawah titik nyala yang diperkirakan untuk alat uji Abel, nyala uji diarahkan pada permukaan contoh untuk setiap kenaikan suhu 2° C (5°F) untuk alat uji Cleveland dan Pensky Martens, dan setiap kenaikan suhu 0,5° C (1°F) untuk alat uji Tag. Suhu paling rendah dimana uap minyak dalam campurannya dengan udara menyala, dicatat sebagai titik nyala.

Penentuan titik bakar yang hanya dapat dilakukan dengan alat uji Cleveland sebenarnya merupakan kelanjutan dari penentuan titik nyala. Kalau pemberian nyala uji setelah penentuan titik nyala mengakibatkan uap contoh akan menyala dan terbakar secara terus menerus (sekurang-kurangnya 5 detik), maka suhu pada saat ini dicatat sebagai titik bakar.

Semula uji titik nyala dimaksudkan untuk keamanan, untuk mengetahui sampai suhu berapa orang masih dapat bekerja dengan aman dengan sesuatu produk minyak bumi tanpa timbul bahaya kebakaran. Tetapi kemudian ternyata bahwa uji ini dapat juga digunakan untuk menunjukkan volatilitas relatif produk minyak bumi.

5. Warna

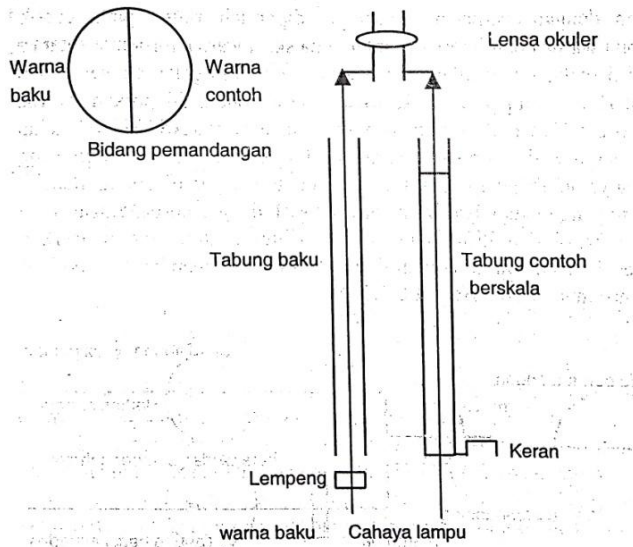
Pemeriksaan warna (*color*) produk minyak bumi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa macam kolorimeter, antara lain dengan:

Tintometer Lovibond (IP 17/52), untuk menentukan warna semua produk minyak bumi baik yang diberi zat warna atau tidak, kecuali minyak hitam (*black oils*) dan bitumen.

Khromometer Saybolt (ASTM D 156-87) untuk menentukan warna minyak yang telah diolah seperti bensin motor dan bensin pesawat terbang yang tidak diberi zat warna, bahan bakar propulsi jet, nafta, kerosin, malam parafin dan minyak putih farmasi (gambar 4-6).

Kolorimeter ASTM (ASTM D 1500-87), untuk produk minyak bumi seperti minyak pelumas, minyak pemanas, bahan bakar diesel dan malam parafin (gamabr 4-7).

Penentuan warna contoh pada dasarnya adalah sangat sederhana yaitu membandingkan warna contoh dengan warna baku, sampai diperoleh suatu kecocokan. Dalam kolorimeter ASTM dan tintometer Lovibond, tebal contoh tetap dan tertentu, sedangkan dalam khromometer saybolt tebal contoh berubah-ubah

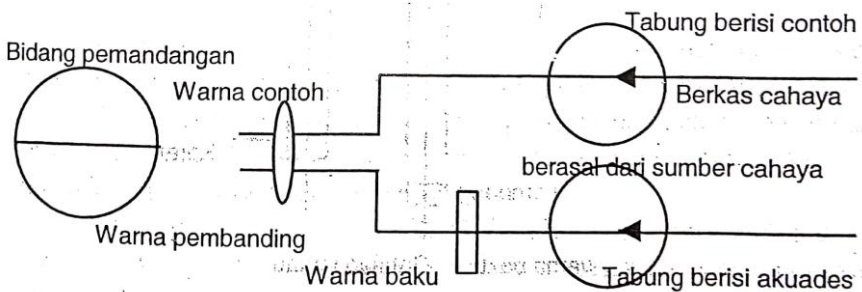


Gambar 4-6. Khromometer Saybolt

Dalam menentukan warna dengan tintometer Lovibond ada dua macam metode; metode A yang menggunakan warna baku Lovibond dan metode B yang menggunakan gelas baku IP. Warna Saybolt harganya berkisar dari -16 (warna paling gelap) sampai +30 (warna paling terang) dengan interval satu satuan skala warna, dengan mengetahui tinggi contoh yang ada dalam tabung contoh dan lempeng warna baku yang digunakan (lempeng warna baku penuh dan lempeng warna baku setengah), maka dengan bantuan tabel dapatlah ditentukan warna contoh.

Warna ASTM berkisar dari 0 (warna paling terang) sampai 8 (warna paling gelap) dengan interval setengah satuan skala warna. Warna ASTM sesuatu contoh ditentukan dengan membandingkan warna contoh dengan warna baku, sampai diperoleh warna yang cocok.

Apabila warna contoh terletak antara dua skala warna, misalnya antara 5 dan 5,5 maka selalu dilaporkan warna yang lebih gelap dengan diberi imbuhan L sehingga untuk kasus ini warna contoh dilaporkan “warna ASTM L 5,5”. Untuk contoh yang mempunyai warna ASTM lebih gelap dari warna 8 dilaporkan “warna ASTM D 8”. Untuk contoh yang warnanya lebih gelap dari warna 8, contoh dapat dicampur dengan kerosin yang mempunyai warna Saybolt +21, dengan perbandingan 15% volum contoh dan 85% volum kerosin. Untuk contoh yang diencerkan dengan kerosin, warna contoh dilaporkan dengan memberikan akhiran Dil, misalnya “warna ASTM L 6,5 Dil”.



Gambar 4-7. Kolorimeter ASTM

Warna dapat digunakan sebagai petunjuk tentang kesempurnaan dalam proses pengolahan. Warna produk yang mengalami diskolorisasi dapat disebabkan karena adanya dekomposisi termal yang disebabkan karena suhu pemanas yang terlampaui tinggi atau karena berikutnya bahan yang berwarna gelap ke dalam sesuatu produk.

6. Viskositas Kinematis

Viskositas kinematis minyak bumi dan produknya dapat ditentukan dengan viskosimeter. Viskosimeter yang banyak digunakan adalah viskosimeter pipet yang bekerja berdasarkan hukum poiseuille yang berlaku untuk cairan yang mengalir secara laminar dalam sebuah pipa yaitu:

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8 \eta l}$$

Dimana r adalah jari-jaring tabung kapiler, ΔP adalah beda tekanan antara ujung-ujung pipa kapiler, η adalah koefisien viskositas, t

adalah waktu alir, I adalah panjang pipa kapiler dan V adalah volum cairan yang mengalir.

Ada bermacam-macam viskosimeter tipe pipet yang dapat digunakan untuk menentukan viskositas kinematis, baik untuk produk minyak yang tembus pandang (transparan) maupun tidak (ASTM D 445-79) untuk menjamin agar aliran cairan dalam pipa kapiler viskosimeter laminer, harus digunakan viskosimeter yang mempunyai ukuran pipa kapiler sedemikian sehingga waktu alir lebih dari 200 detik. Pada dasarnya pengukuran viskositas kinematis produk minyak mempunyai volum tertentu melalui pipa kapiler viskosimeter pada suhu tertentu. Selanjutnya viskositas kinematis contoh dapat dihitung dengan persamaan:

$$V = C t$$

Dimana v adalah viskositas kinematis dalam sentistoke, t adalah waktu alir dalam detik dan C adalah onstante viskosimeter. Apabila konstante viskosimeter pipet belum diketahui, maka perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan cairan beku. Beberapa macam viscometer tipe pipet yang biasa digunakan antara lain ialah viskosimeter Cannon-Fenske, Zeitfuchs, ubbelohde dan Fitz Simons.

Disamping viskosimeter tipe pipet diatas, viskositas minyak bumi dan produknya pernah ditentukan dengan menggunakan viskosimeter Saybolt (ASTM D 88), namun uji ini sekarang sudah tidak lagi digunakan, kekentalan Saybolt adalah waktu alir dalam detik, yang diperlukan untuk mengalirkan sebanyak 60 cc dari suatu tebaung viskosimeter pada suhu tetap melalui lubang (*orifice*) yang telah dikalibrasi yang terdapat ada dasar tabung viskosimeter. Ada dua macam viskosimeter Saybolt, yaitu viskosimeter Saybolt universal dan viskosimeter saybolt Furol, yang berbeda dalam ukuran lubang pada dasar tabung viskosimeter. Viskosimeter saybolt furol terutama digunakan untuk menentukan viskositas mintak berat. Hubungan secara pendekatam antara kekentalan Saybolt universa dengan saybolt furol terutama digunakan untuk menentukan antara kekentalan Saybolt universal dengan Saybolt Furol kira-kira adalah sebagai berikut:

Kekentalan Saybolt Universal = 10 x kekentalan Saybolt Furol

Kekentalan minyak pelumas biasanya dinyatakan dalam kekentalan Saybolt universal pada suhu 100°, 130° atau 210° F, sedang kekentalan minyak bakar biasanya dinyatakan dalam kekentalan Saybolt Furol pada 122° atau 210° F.

Hubungan antara kekentalan kinematic dengan kekentalan Saybolt universal menurut US Bureau of Standards adalah sebagai berikut:

$$\text{Kekentalan kinematic, cs} = 0,219 t - \frac{149,7}{t}$$

Dimana t adalah kekentalan Saybolt Universal, dalam detik.

7. Titik Asap

Titik asap (*smoke point*) didefinisikan sebagai tinggi nyala maksimum dalam minimeter dimana kerosin terbakar tanpa timbul asap apabila ditentukan dalam alat uji baku pada kondisi tertentu (IP 57). Di samping dikenakan kepada kerosin, uji titik asap juga dikenakan kepada bahan bakar jet (ASTM D 1132-90). Titik asap ditentukan dengan cara membakar contoh kerosin atau bakar jet dalam lampu titik asap. Nyala dibesarkan dengan jalan menaikkan sumbu sampai timbul asap, kemudian nyala dikecilkan sampai asap tetap hilang. Tinggi nyala dalam keadaan terakhir ini dalam millimeter adalah titik asap contoh. Asap terutama disebabkan oleh adanya senyawa aromatis dalam bahan minyak.

Kepentingan *smoke point* dalam praktek ialah untuk menentukan kualitas kerosin yang penggunaannya utamanya ialah sebagai bahan bakar lampu penerangan. Kerosin yang baik harus mempunyai titik asap yang tinggi, sehingga nyala api bahan bakar kerosin ini dapat dibesarkan dengan kecenderungan untuk memberikan asap yang kecil.

8. Korosi Lempeng Tembaga

Uji korosi lempeng tembaga (ASTM D 130-88; IP 154/86) dimaksudkan untuk mengetahui sifat korosi bensin pesawat terbang, bahan bakar turbin penerbangan, bensin mobil, bensin alam dan senyawa hidrokarbon yang mempunyai RVP kurang dari 18 psi (124 kPa), bahan bakar traktor pertanian, pelarut, kerosin, bahan bakar

distilat, minyak pelumas dan produk minyak bumi lainnya terhadap lempeng tembaga.

Uji ini dilakukan dengan merendam lempeng tembaga yang telah dipolis di dalam contoh yang akan diuji, dan selanjutnya dipanaskan pada suhu tertentu dan lama waktu tertentu tergantung pada jenis contoh. Pada akhir pemanasan, lempeng tembaga diambil, dicuci dan kemudian dibandingkan dengan baku korosi lempeng tembaga ASTM (*ASTM Copper Strip Corrosion Standard*). Hasil uji korosi lempeng tembaga selanjutnya dinyatakan dengan nilai: 1 a, b ; 2 a, b, c, d, e; 3 a, b dan 4 a, b, c.

Korosi produk minyak bumi terhadap sebagai macam logam disebabkan oleh senyawa belerang korosif yang terdapat dalam produk minyak bumi. Tidak semua senyawa belerang yang terdapat dalam fraksi minyak bumi bersifat korosif.

Khusus untuk elpiji, uji korosi lempeng tembaga digunakan metode uji baku ASTM D 1838-89, yang pada dasarnya sama dengan metode uji korosi lempeng tembaga ASTM D 130.

9. Sisa Karbon

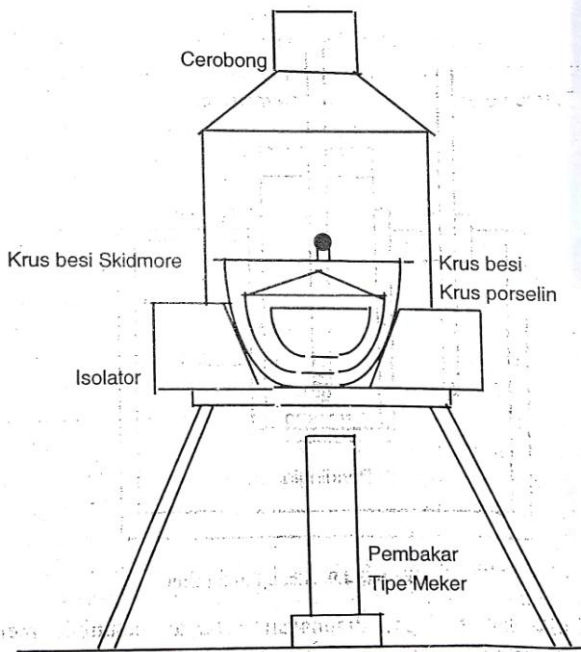
Ada dua macam cara sisa karbon, yaitu: uji sisa karbon Conradson (ASTM D 189-88; IP 13/82) dan uji sisa karbon Ramsbottom (ASTM D 524-88; IP 14/82). Kedua cara uji ini dimaksudkan untuk mengetahui kecenderungan pembentukan kokas produk minyak bumi yang sukar menguap.

Sisa karbon Conradson (*Conradson carbon residu-CCR*) adalah sisa karbon yang tertinggal setelah produk minyak bumi dikenakan pirolisis yaitu pemanasan tanpa berkontak dengan udara. Uji ini umumnya dikenakan kepada produk minyak bumi yang relatif kurang volatile yang sebagian akan terurai pada distilasi tekanan atmosferik, seperti bahan bakar solar, minyak gas, minyak bakar dan minyak pelumas. Sisa karbon sesungguhnya bukan seluruhnya karbon, tetapi kokas yang masih dapat diubah lebih lanjut dengan jalan pirolisis. Sisa karbon Conradson ditentukan dengan jalan memanaskan dengan kuat contoh minyak yang telah diketahui beratnya dalam krus tanpa berkontak dengan udara selama waktu tertentu. Pada akhir pemanasan, krus yang mengandung residu karbon didinginkan dalam eksikator dan ditimbang, dan sisa yang tertinggal dihitung sebagai persentase dari

contoh mula-mula dan dilaporkan sebagai sisa karbon conradson. Alat uji sisa karbon Conradson dapat dilihat pada gambar 4-8.

Sisa karbon Ramsbottom (*Ramsbottom carbon residue*) adalah sisa karbon yang tertinggal setelah contoh bahan minyak yang sukar menguap yang ditempatkan dalam bola gelas khusus yang mempunyai lubang pipa kapiler dipanaskan dalam dapur koking logam (*metal coking furnace*) pada suhu sekitar 550° C.

Sisa karbon conradson dan ramsbottom keduanya digunakan sebagai petunjuk mengenai kecenderungan produk minyak bumi untuk memberikan deposit kokas. Adanya alkil nitrat dalam bahan bakar diesel, seperti amil nitrat, heksil nitrat dan oktil nitrat akan memberikan sisa karbon conradson dan ramsbottom yang lebih tinggi dari pada apabila dalam bahan bakar diesel tersebut tidak ditambah aditif.

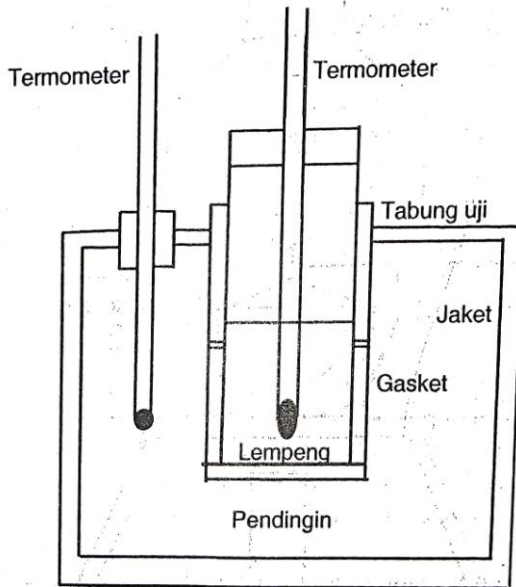


Gambar 4-8. Alat uji sisa karbon conradson

10. Titik Kabut

Titik kabut (*cloud point*) adalah suhu tertinggi di mana Kristal malam parafin akan terlihat sebagai kabut pada dasar tabung uji apabila minyak didinginkan pada kondisi tertentu (ASTM D 2500 – 88). Uji ini hanya dapat dikenakan kepada produk minyak bumi yang tembus

pandang pada ketebelan 38 mm (1 1/2in) dan dengan titik kabut kurang dari 49° C (120°F). Titik kabut ditentukan dengan jalan mendinginkan contoh minyak dan setiap penurunan suhu yang merupakan kelipatan 1° C (2°F) diamati apakah pada dasar tabung uji terbentuk kabut. Suhu di mana pada dasar tabung uji mulai terbentuk kabut Kristal malam parafin, dicatat sebagai titik kabut contoh. Susunan alat uji titik kabut, dapat dilihat pada gambar 4-9.



Gambar 4-9. Alat uji titik kabut

Titik kabut dapat digunakan sebagai petunjuk mengenai kandungan relative malam parafin dalam produk minyak bumi.

11. Titik Tuang

Titik tuang (*pour point*) adalah suhu terendah dimana minyak bumi dan produknya masih dapat dituang atau mengalir apabila didinginkan pada kondisi tertentu (ASTM D 97-87). Uji titik tuang dapat dilakukan dengan jalan mendinginkan contoh dan setiap penurunan suhu yang merupakan kelipatan 3°C (5°F) dilakukan uji sifat alir contoh. Suhu tertinggi dimana contoh tidak dapat mengalir, dicatat sebagai titik padat (*solid point*). Selanjutnya sesuai dengan definisi, titik tuang diperoleh dengan menambah 3°C (5°F) kepada titik padat.

Alat uji titik tuang pada dasarnya sama dengan alat uji titik kabut, perbedaannya adalah pada kedudukan thermometer contoh. Seperti halnya dengan titik kabut, titik tuang dapat juga digunakan sebagai petunjuk mengenai besarnya kandungan malam relative dalam minyak bumi dan produknya, disamping itu titik tuang juga menunjukkan suhu terendah di mana minyak bumi dan produknya masih dapat di pompa.

12. Angka Oktan

Kecenderungan bensin untuk memberikan ketukan dalam mesin dinyatakan dengan angka oktan (*octane number*). Untuk menentukan angka oktan bensin, digunakan bahan bakar pembanding (*referece fuels*) n-heptan, iso-oktan (2,24 trimetil pentan) dan TEL. N-heptan yang mempunyai kecenderungan yang besar untuk mengetuk diberi angka oktan 0, dan iso-oktan yang kecenderungannya untuk mengetuk kecil diberi angka oktan 100. Untuk bensin dengan angka oktan di atas 100, sebagai bahan bakar pembanding digunakan iso-oktan dan TEL. Nilai angka oktan iso-oktan yang ditambah TEL dapat dilihat pada tabel 4-1 di bawah ini. Karena skala angka oktan hanya sampai 100, maka arena bensin penerbangan yang dikembangkan sejak tahun 1935 mempunyai angka oktan di atas 100, maka diperlukan skala angka kinerja (*performance number*). Angka kinerja suatu bahan bakar adalah perbandingan antara daya yang ditimbulkan oleh bahan bakar tersebut dengan daya yang ditimbulkan oleh bahan bakar pembanding dalam sebuah mesin.

Untuk menentukan angka oktan bensin digunakan mesin uji baku CFR (Co-operative Fuel Research Committee) ASTM. Bensin premium dikatakan mempunyai angka oktan 88 berarti bahwa bensin tersebut mempunyai karakteristik ketukan (*knocking characteristics*) dalam mesin uji baku CFR ASTM yang sama dengan karakteristik ketukan campuran antara 88% volum iso-oktan dalam campurannya dengan n-heptan.

Tabel 4-1. Angkat oktan campuran iso-oktan dengan TEL.

Militer TEL per galon Amerika i-oktan	Angka oktan
0	100
1	108,6
2	112,8
3	115,5

4	117,5
5	119,1
6	120,3

Dewasa ini ada 3 macam metode uji angka oktan bahan bakar bensin yaitu:

1. Metode riset (ASTM D 2699-88a) yang berlaku untuk bensin motor
2. Metode motor (ASTM D 2700-88a) yang berlaku untuk bensin motor dan bensin penerbangan.
3. Metode supercharge (ASTM D 909-86) yang berlaku untuk bensin penerbangan.

Untuk menentukan angka oktan bensin digunakan mesin uji baku CFR (Co-operative fuel research committee). Di dalam metode riset, digunakan mesin uji silinder tunggal yang mempunyai kecepatan mesin 600 rpm, suhu udara masuk 125° F, suhu jaket 212° F dan perbandingan campuran untuk ketukan maksimum. Selanjutnya di dalam metode motor, digunakan mesin uji silinder tunggal dengan kecepatan perputaran mesin 900 rpm, suhu udara masuk 100v F, suhu jaket 212° F dan perbandingan campuran untuk ketukan maksimum. Akhirnya di dalam metode supercharge, digunakan mesin uji silinder tunggal dengan kecepatan perputaran mesin 1800 rpm dan suhu pendinginan 375° F. mesin uji tersebut di atas mempunyai perbandingan kompresi yang dapat diubah-ubah.

13. Belerang dalam Produk Minyak Bumi

Ada beberapa macam cara untuk menentukan kandungan belerang dalam produk minyak bumi, yaitu: metode bom umum (*general bomb method*) ASTM D 129-64, metode lampu (*lamp method*) ASTM D 1266-87 metode suhu tinggi (*hight temperature method*) ASTM 1552-88 dan spektrometri sinar X (*X-ray spectrometry*) ASTM D 2622-87.

Di dalam metode lampu, contoh produk minyak bumi ringan seperti bensin, nafta atau kerosin dibakar dalam sistem tertutup dengan menggunakan lampu da;a, atmosfer buatan yang terdiri dari 70% karbon dioksida dan 30% oksigen untuk mencegah terbentuknya nitrogen oksida. Oksida belerang yang terbentuk selanjutnya diserap dan dioksidasi

dengan larutan hidrogen peroksid. Akhirnya belerang dalam penyerap ditentukan dengan jalan titrasi asidimetri dengan menggunakan larutan natrium hidroksi baku atau secara gravimetric dengan jalan diendapkan sebagai barium sulfat. Dengan cara yang lain contoh yang dapat dibakar dalam udara dan belerang yang diubah sebagai silfat.

Untuk produk minyak bumi yang lebih berat yang tidak dapat dibakar dalam lampu yang bersumbu, dapat dipakai metode bom umum atau metode suhu tinggi. Di dalam metode bom umum, contoh yang sukar menguap, seperti minyak pelumas dan lemak, dioksidasi di dalam bom yang berisi oksigen di bawah tekanan. Belerang dalam contoh, akan ditentkan secara gravimteri sebagai hatrium sulfat. Di dalam metode suhu tinggi yang berlaku untuk contoh yang mempunyai titik dididh di atas 177°C (350°F), contoh dibakar dalam arus oksigen pada suhu yang cukup tinggi sehingga sekitar 97% dari belerang dalam contoh akan berubah menjadi belerang oksid. Produk hasil pembakaran slenjutnya dilewatkan suatu penyeerap yang berisi larutan kalium yodid asam dan indicator amilum. Warna biru lemah akan terjadi dalam lautan penyerap dengan penambahan lautan kalium yodat baku. Pada saat pembakaran berlangsung, warna biru akan hilang dan diperlukan lebih banyak larutan yodat. Dengan mengetahui banyaknya larutan yodat baku yang diperlukan, dapatlah ditentukan kadnungan belerang dalam contoh. Di samping menggunakan larutan baku yodat, kandungan belerang dapat juga ditentukan dengan detector inframerah.

14. Uji Produk Minyak Bumi Lainnya

Karena jenis uji yang dikenakan kepada produk-produk minyak bumi sangat banyak, sehingga tidak mungkin bajwa semua jenis uji produk minyak bumi dibicarakan disini. Untuk itu maka pada pembicaraan mengenai produk minyak bumi pada bab V, khususnya untuk produk-produk tertentu akan disinggung secara sepintas mengenai uji-uji yang diperlukan. Misalnya uji angka kauri butanol akan disinggung pada pembicaraan tentang nafta atau solven; uji angka cetan dan indeks diesel, akan disinggung pada pembicaraan tentang bahan bakar diesel, uji kemuluran atau duktifitas (*ductility*). Uji penetrasi dan uji titik pelunakan bola dan cincin, akan dibicaarkan pada aspal dan sererusnys.

BAB V

PRODUK MINYAK BUMI

Kira-kira seratus lima puluh tahun yang lampau, satu-satunya produk minyak bumi yang dihasilkan oleh kilang minyak adalah kerosin yang digunakan sebagai bahan bakar lampu penerangan. Tetapi dewasa ini sehubungan dengan kemajuan zaman dan kemajuan teknologi produk minyak bumi telah menjadi puluhan jenisnya, belum termasuk produk petrokimia yang dihasilkan oleh industri-industri petrokimia. Produk kimia bumi yang dihasilkan oleh kilang minyak untuk dipasarkan haruslah memenuhi spesifikasi pemasaran. Spesifikasi pemasaran produk minyak bumi untuk berbagai Negara pada umumnya tidaklah sama, kecuali untuk bensin penerangan dan bahan bakar jet, dimana spesifikasinya disesuaikan dengan spesifikasi internasional yang dikeluarkan oleh DERD. Spesifikasi pemasaran adalah batas-batas sifat-sifat yang harus dipenuhi oleh produk-produk minyak bumi yang ada di pasaran. Spesifikasi ini sebenarnya adalah hasil kompromi antara sifat kinerja produk minyak bumi dengan kemampuan kilang minyak untuk menghasilkan produk dari minyak mentah yang tersedia. Untuk Indonesia. Spesifikasi produk bahan minyak ditetapkan sesuai dengan keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi yang semuanya dapat dilihat pada lampiran.

Ada beberapa macam cara penggolongan produk jadi yang dihasilkan oleh kilang minyak. Diantaranya produk jadi kilang minyak dapat dibagi menjadi: produk bahan bakar minyak (BBM) dan produk bukan bahan bakar minyak (BBBM). Termasuk produk BBM ialah: bensin penerangan, bensin motor, bahan bakar jet, kerosin, solar minyak diesel dan minyak bakar. Sedangkan yang termasuk produk BBBM ialah: elpiji (*liquefied petroleum gases* – LPG), pelarut, minyak pelumas, gemuk, aspal, malam parafin, hitam karbon (*carbon black*) dan kokas.

Berbagai jenis produk migas yang diproduksi Pertamina dan diperdagangkan di Indonesia untuk berbagai keperluan seperti : rumah tangga, bahan bakar kendaraan bermotor, bahan bakar pesawat udara, industri dan perkapalan diantaranya sebagai berikut :

- LPG (*Liquified Petroleum Gases*)
- Premium, Pertamina & Pertamina plus (*Motor Gasolines*)

- Avgas 100/130 (*Aviation Gasoline*)
- Avtur (*Aviation Turbine Fuel*)
- Minyak Solar (*High Speed Diesel Oil*)
- Minyak Diesel (*Industrial Diesel Fuel*)
- Minyak Bakar (*Fuel Oil*)
- Berbagai jenis Minyak Pelumas (*Lubricating Oils*)
- Berbagai jenis Pelarut (*Petroleum Solvents*)
- Asphalt atau Bitumen (*Petroleum Asphalts*)

Penggolongan yang lain adalah bahwa produk jadi kilang minyak dapat dibagi menjadi:

1. Produk volatile-elpiji (LPG) dan bensin alam.
2. Minyak ringan-ringan motor, bensin penerbangan, bahan bakar turbin penerbangan, pelarut, bahan bakar traktor dan kerosin.
3. Distilat-solar, minyak diesel dan minyak gas.
4. Minyak pelumas meliputi berbagai jenis minyak pelumas.
5. Gemuk meliputi berbagai jenis gemuk.
6. Malam meliputi malam parafin, malam Kristal mikro (*micro crystalline wax*) dan petrolatum.
7. Residu minyak bakar, kokas petroleum, aspal, hitam karbon dan lain-lain.
8. Produk khusus hidrokarbon, bahan kimia, aspal, hitam karbon dan lain-lain.

Pada pembicaraan produk minyak bumi ini terutama ditekankan kepada produk jadi kilang yang ada di Indonesia.

5.1 LPG (ELPIJI)

LPG (*Liquified Petroleum Gases*) sebagian besar dapat dihasilkan dari pemanfaatan gas-gas hasil pengolahan minyak bumi atau kilang BBM. LPG dapat juga dihasilkan dari gas alam setelah melalui proses pemurnian kotoran dan memanfaatkan gas propan dan butan hasil samping kilang gas alam atau LNG (*Liquified Natural Gases*) plant. Komponen LPG sebagian besar adalah merupakan senyawa hidrokarbon dengan komposisi utama propan (C_3H_8) dan butan (C_4H_{10}) yang dicairkan dengan tekan sedang dan suhu ambien. Pada saat berfase gas, LPG lebih berat dari udara dengan densitas ± 2 kali

densitas udara dengan nilai pembakaran ± 11.900 kcal/kg dan tekanan dalam tabung berkisar antara $5.0 \sim 6.2$ kg/cm². Pada dasarnya LPG sebenarnya tidak berbau dan tidak berwarna, namun untuk keamanan dalam pemakaiannya, maka ditambahkan sejumlah kecil ethyl merkaptan (C₂H₅-SH) yang mempunyai bau menyengat. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apabila suatu ketika terjadi kebocoran pada saat pemakaian.

5.1.1 Penggunaan LPG

LPG digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya :

- Rumah tangga, dalam kemasan tabung 3 dan 12 kg
- Industri, dalam kemasan tabung 50 kg atau lebih

Selain sebagai bahan baku LPG, Gas bumi digunakan juga sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang lebih dikenal dengan sebutan Bahan Bakar Gas (**BBG**), sebenarnya sudah dikenal sejak tahun 1930. *International Gas Union*, melaporkan bahwa terdapat sekitar 40 negara dan lebih dari setengah juta kendaraan yang telah menggunakan BBG. Dari sekian banyak negara tersebut, Italia adalah negara pertama yang menggunakan BBG, sementara negara lain adalah Argentina, Jepang, Rusia, Selandia Baru dan Amerika Serikat.

Sementara itu untuk Indonesia, BBG baru resmi dipasarkan oleh Pertamina pada tanggal 01 April 1989. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) telah menguji dan menyatakan layak penggunaan BBG untuk kendaraan bermotor. Tangki berkapasitas 60 liter dapat diisi dengan BBG 20 liter setara Premium. BBG memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar lain pada sektor transportasi, selain lebih murah juga lebih aman, lebih irit dan menjadikan mesin lebih awet. Oleh sebab itu BBG menjadi bahan bakar yang makin diminati konsumen dimasa depan, karena sekaligus menjaga kebersihan lingkungan.

5.1.2 Spesifikasi LPG

Spesifikasi LPG yang berlaku di wilayah Negara Republik Indonesia, secara lengkap disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Spesifikasi LPG

No.	Karakteristik	Batasan		Metode	
		Min.	Max.	ASTM	Others
1	Specific Gravity at 60/60°F	to be reported		D-1657	
2	Vapour Pressure at 100°F, psig		120	D-1267	
3	Weathering Test at 36°F, %vol	95		D-1837	
4	Copper Corrosion 1 hrs 100°F		No. 1	D-1838	
5	Total Sulfur, grains/100cuft		15	D-2784	
6	Water Content	No free water			Visual
7	Komposisi :			D-2163	
	C ₂ , %vol		0,2		
	C ₃ dan C ₄ , %vol	97,5			
	C ₅ and heavier, %vol		2		
8	Ethyl or Buthyl Mercaptan added, ml/100AG	50			

Spesifikasi dapat didefinisikan sebagai ketentuan yang menetapkan batas-batas kualitas suatu produk yang melibatkan empat pihak yaitu konsumen, produsen, masyarakat umum dan Pemerintah. Spesifikasi produk LPG yang dipasarkan Pertamina ditentukan oleh berbagai aspek teknis, ekonomi dan kebijaksanaan Pemerintah yang ditetapkan melalui peraturan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi atau Dirjen Migas yang berkedudukan di Jakarta.

Seperti yang terlihat dalam tabel 3 diatas, setiap butir karakteristik diuji dengan metode uji ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Metode uji ASTM digunakan sebagai metode baku untuk pengujian produk Migas di hampir semua negara, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa spesifikasi LPG di Indonesia berlaku juga di beberapa negara di belahan dunia. Karakteristik yang terdapat dalam spesifikasi LPG mencakup beberapa aspek teknis, diantaranya :

- Harus cukup bersih dan tidak menimbulkan korosi pada logam yang bersentuhan dengan bahan bakar.
- Tidak boleh mengandung komponen yang tidak mudah menguap atau tidak terbakar sempurna.
- Tidak boleh terlalu mudah menguap sehingga jika dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor tidak mengalami pendidihan

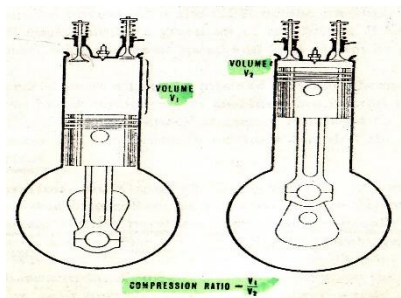
didalam pompa atau saluran bahan bakar, sehingga menimbulkan gangguan aliran seperti sumbatan uap (*vapour lock*) yang memacetkan mesin.

5.2 MOTOR GASOLINES

Motor gasolines yang biasa disingkat dengan sebutan Mogas atau lazim disebut bensin adalah suatu bahan bakar yang dipergunakan untuk mesin kendaraan dengan penyalaan busi (*spark ignition engine*). Mogas adalah salah satu produk minyak bumi yang merupakan senyawa kompleks hidrokarbon dengan trayek didih berkisar antara 38 ~ 205°C atau rentang atom karbon berkisar antara C₄ ~ C₁₂. Mogas paling banyak digunakan sebagai sumber energi dan dalam sektor transportasi merupakan sektor yang sangat vital.

5.2.1 Klasifikasi

Seiring dengan perkembangan teknologi, industri kendaraan bermotor banyak mengalami berbagai perubahan yang bertujuan untuk mendapatkan efisiensi pembakaran, unjuk kerja yang optimal dan hemat bahan bakar serta umur mesin yang lebih panjang. Untuk mewujudkan impian dimaksud, mutlak dilakukan perbaikan terhadap perbandingan kompresi (*compression ratio*) dari mesin, namun semakin tinggi perbandingan kompresi maka diperlukan semakin tinggi mutu pembakaran (*ignation quality*) dari bahan bakar yang dinyatakan dengan angka oktan (*octane number*). Penjelasan yang berkaitan dengan perbandingan kompresi disajikan pada gambar 1.



Gambar 5.1. Perbandingan kompresi

Angka oktan merupakan salah satu sifat yang sangat penting dari mogas. Angka oktan sangat erat hubungannya dengan fenomena

pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar mesin. Berdasarkan angka oktan, mogas diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yang disajikan pada tabel 5.2. berikut ini.

Tabel 5.2. Klasifikasi Mogas

No.	Jenis Mogas	Angka Oktan (RON)	Warna	Keterangan
1	Mogas Regular	79	Orange	Tidak diproduksi lagi
2	Premium 87	87	Yellow	Tidak diproduksi lagi
3	Super 98	98	Red	Tidak diproduksi lagi
4	Super TT	98	Colour less	Tidak diproduksi lagi
5	Premix	94	Red	Tidak diproduksi lagi
6	BB2L	80	Blue	Tidak diproduksi lagi
7	Premium 88	88	Yellow	Diproduksi 1997 s/d sekarang
8	Pertamax	92	Blue	Diproduksi 2002 s/d sekarang
9	Pertamax plus	95	Red	Diproduksi 2002 s/d sekarang

Premium 88 adalah bensin berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna yang sengaja ditambahkan (*yellow dye*). Penggunaan premium 88 umumnya adalah untuk kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dengan system 2 atau 4 langkah seperti : mobil, sepeda motor, motor tempel, mesin pemotong rumput dll. Bahan bakar ini sering juga disebut *motor gasoline* atau *petrol*.

Pertamax dan Pertamax plus adalah bensin yang diproduksi dari komponen pilihan jenis HOMC (*High Octane Mogas Component*) yang berkualitas tinggi. Diformulasikan secara khusus tanpa menambahkan aditive timbal atau timah hitam dan sengaja dikembangkan untuk memenuhi tuntutan industri otomotif yang mampu melayani mesin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi maupun tuntutan dunia akan bahan bakar yang lebih bersahabat terhadap lingkungan dan lebih aman terhadap kesehatan manusia.

Pertamax dan Pertamax plus dikembangkan melauai proses pengolahan secara khusus untuk memperoleh angka oktan yang tinggi. Pertamax mempunyai angka oktan 92 dan diberi zat pewarna biru (*blue dye*), sementara pertamax plus mempunyai angka oktan lebih tinggi yaitu 95 dan diberi zat pewarna merah (*red dye*). Kedua jenis mogas ini direkomendasikan untuk kendaraan dengan klep gas buang dan dudukannya terbuat dari metal keras (*hardened exhaust valve and seats*)

dan tidak dianjurkan digunakan untuk kendaraan model lama atau produksi dibawah tahun 1992 yang masih memerlukan timbal untuk melindungi dudukan klep pada mesin terhadap keausan yang berlebihan.

5.2.2 Spesifikasi

Spesifikasi dapat didefinisikan sebagai ketentuan yang menetapkan batas-batas kualitas suatu produk yang ditetapkan secara resmi oleh pemerintah dengan memperhatikan kepentingan nasional secara menyeluruh, termasuk pihak produsen, konsumen dan masyarakat umum. Pada dasarnya spesifikasi mogas menentukan batas-batas kualitas untuk 3 kelompok sifat utama mogas yang digunakan sebagai bahan bakar, yaitu :

- Sifat pembakaran (*ignation quality*)
- Sifat penguapan (*volatility*)
- Sifat kebersihan dan stabilitas (*corrosivity & stability*)

5.2.3 Sifat Pembakaran

Satu-satunya cara untuk mengukur sifat pembakaran adalah dengan angka oktan atau *knock rating* yang diperiksa menggunakan mesin CFR jenis F-1 yang mengacu pada ASTM D-2699. Mesin CFR (*Cooperative Fuel Research*) untuk pertama kali diperkenalkan pada tahun 1930 di Amerika Serikat. Angka oktan dinyatakan sebagai persentase iso octane dalam campuran antara iso octane dan normal heptane, yang dalam kondisi pemeriksaan memberikan intensitas ketukan (*knock intensity*) yang sama dengan sampel yang sedang diperiksa.

Iso octane dan normal heptane disebut sebagai bahan bakar pembanding utama (*primary reference fuel*), untuk iso octane (*2,2,4 trimetil pentane*) memiliki nilai oktan 100 sedangkan normal heptane adalah 0.

Apabila suatu mesin kendaraan menggunakan bahan bakar yang angka oktannya **tidak sesuai** dengan spesifikasi, akibatnya terjadi pembakaran yang tidak sempurna dan menghasilkan suatu bunyi letupan yang dikenal sebagai *knock* atau detonasi. Detonasi dapat pelan kedengarannya, namun terkadang sangat keras seperti bunyi pukulan martil pada dinding silinder mesin sehingga pada akhirnya mesin

kehilangan daya, pemborosan bahan bakar serta terjadi kerusakan pada mesin. Spesifikasi angka oktan mogas jenis Premium 88, disajikan pada tabel 5.3. berikut ini.

Tabel 5. 3. Spesifikasi Premium 88

No.	Karakteristik	Batasan		Metode	
		Min.	Max.	ASTM	Others
1	Density at 15°C, kg/m ³	to be reported		D-1298	
2	Doctor Test	Negative			IP-30
3	Mercaptan Sulfur, % wt		0,002	D-3227	
4	Sulfur Content, % wt		0,20	D-4294	
5	Existent Gum, mg/100ml		4	D-381	
6	Induction Period minutes	240		D-525	
7	Copper Corrosion 3 hrs/50°C	ASTM No. 1		D-130	
8	Reid Vapour Pressure at 100°F kPa		62	D-323	
9	Octane Number (knock rating), RON	88		D-2699	
10	Lead Content, grPb/ltr		0,30	D-3341	
11	Distillation :			D-86	
	IBP, °C	-	-		
	10 % vol. recovered, °C		74		
	50 % vol. recovered, °C	88	125		
	90 % vol. recovered, °C		180		
	FBP, °C		205		
12	Colour	Yellow			Visual
13	Dye Content, gr /100 ltr		0,13		
14	Odour	Marketable			

Sumber : SK Dirjen Migas No.108/K/72/DDJM/1997, tanggal 28 Agustus 1997.

5.2.4 Sifat Penguapan

Aspek kedua yang penting dalam menjamin kelancaran kerja mesin adalah sifat kemudahan menguap atau volatilitas. Mogas yang terlalu mudah menguap, mungkin sudah terlanjur menguap dalam pompa bahan bakar, saluran bahan bakar atau karburator. Jika terlalu banyak menguap, aliran bahan bakar kemesin berkurang sehingga daya mesin juga berkurang, bunyi mesin menjadi kasar, bahkan mesin dapat mati sama sekali. Kondisi seperti ini disebut sebagai *vapor lock* atau sumbatan uap. Untuk mengukur kecenderungan keadaan ini dilakukan analisa tekanan uap (*Reid Vapor Pressure*) metode ASTM D-323.

Spesifikasi yang berkaitan dengan sifat penguapan mogas jenis Pertamina, secara lengkap disajikan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4. Spesifikasi Pertamina

No.	Karakteristik	Batasan		Metode	
		Min.	Max.	ASTM	Others
1	Density at 15°C, kg/m ³	715	780	D-1298	
2	Doctor Test		Negative		IP-30
3	Mercaptan Sulfur, %wt		0,002	D-3227	
4	Sulfur Content, %wt		0,10	D-4294	
5	Existent Gum, mg/100ml		4	D-381	
6	Induction Period minutes	480		D-525	
7	Copper Corrosion 3 hrs/50°C		480	D-130	
8	Reid Vapour Pressure at 100°F kPa	45	60	D-323	
9	Octane Number (knock rating), RON	92		D-2699	
10	Lead Content, grPb/ltr		0,013	D-3341	
11	Distillation :			D-86	
	IBP, °C	-	-		
	10 % vol. recovered, °C		70		
	50 % vol. recovered, °C	77	110		
	90 % vol. recovered, °C		180		
	FBP, °C		205		
12	Colour	Blue			Visual
13	Oksigenat %vol		10		
14	Aromatic Content %vol		50	D-1319	

Sumber : SK Dirjen Migas No.940/34/DJM/2002, tanggal 02 Desember 2002

Sebaliknya, jika yang menguap tidak cukup banyak, mesin akan sulit dihidupkan pada waktu cuaca dingin dan akan memerlukan waktu yang cukup lama untuk pemanasan dan mencapai suhu operasi normal. Oleh karena itu volatilitas mogas diatur dengan rapi melalui batasan-batasan kurva distilasinya yang ditentukan dengan metode ASTM D-86.

5.2.5 Sifat Kebersihan & Stabilitas

Dua kelompok sifat yang telah dibicarakan terdahulu, yaitu sifat pembakaran dan penguapan, sangat erat kaitannya dengan unjuk kerja mogas sebagai bahan bakar. Kelompok ketiga lebih berkaitan dengan kebersihan dan stabilitas selama transportasi dan penimbunan. Artinya

mogas harus tidak mengandung bahan-bahan yang tidak dikehendaki seperti getah (*gum*) dan senyawa pengotor lainnya. Disamping itu mogas juga harus cukup stabil sehingga tidak berubah selama penyimpanan, tidak mengalami penurunan mutu atau degradasi serta tidak bereaksi dengan udara dan logam atau bahan lain.

- **Getah (*gum*)**

Getah mogas adalah residu keras dan bergetah yang tersisa bila mogas diuapkan. Kadar getah yang sudah ada (*existent gum*) didalam mogas ditentukan dengan metode penguapan yang mengacu pada ASTM D-381. Sejumlah mogas ditaruh didalam beaker glas dipanaskan pada suhu $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan disemprot dengan udara bertekanan yang terkendali. Getah yang tersisa menunjukkan besarnya kandungan getah yang ada pada mogas. Batas maksimum yang diizinkan menurut spesifikasi yang ditentukan oleh Dirjen Migas sebesar 4 mg/100 ml mogas. Spesifikasi yang berkaitan dengan sifat kebersihan dan stabilitas untuk mogas jenis Pertamina plus secara lengkap, disajikan pada tabel 5.5. berikut ini.

Tabel 5.5. Spesifikasi Pertamina Plus

No.	Karakteristik	Batasan		Metode	
		Min.	Max.	ASTM	Others
1	Density at 15°C, kg/m ³	715	780	D-1298	
2	Doctor Test		Negative		IP-30
3	Mercaptan Sulfur, %wt		0,002	D-3227	
4	Sulfur Content, %wt		0,10	D-4294	
5	Existent Gum, mg/100ml		4	D-381	
6	Induction Period minutes	480		D-525	
7	Copper Corrosion 3 hrs/50°C		480	D-130	
8	Reid Vapour Pressure at 100°F kPa	45	60	D-323	
9	Octane Number (knock rating), RON	95		D-2699	
10	Lead Content, grPb/ltr		0,013	D-3341	
11	Distillation :			D-86	
	IBP, °C	-	-		
	10 % vol. recovered, °C		70		
	50 % vol. recovered, °C	77	110		
	90 % vol. recovered, °C		180		
	FBP, °C		205		
12	Colour	Red			Visual
13	Oksigenat %vol		10		
14	Aromatic Content %vol		50	D-1319	

Sumber : SK Dirjen Migas No.940/34/DJM/2002, tanggal 02 Desember 2002

- **Stabilitas Oksidasi**

Kecenderungan mogas membentuk getah karena teroksidasi oleh udara selama penyimpanan, mulai dimasukkan dalam spesifikasi mogas sejak tahun 1970-an. Tolok ukur yang digunakan adalah uji periode induksi (*induction period*) yang mengacu pada metode ASTM D-525.

Sejumlah mogas dipanaskan dalam bejana tekan pada suhu 100°C dengan oksigen pada tekanan awal 100 ± 2 psi. Setelah beberapa waktu, maka tekanan oksigen akan berkurang. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan tekanan oksigen tersebut, disebut sebagai periode induksi.

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa mogas yang mempunyai periode induksi minimum 480 menit, cukup tahan untuk penyimpanan selama 6 bulan. Oksidasi yang terjadi mengakibatkan terjadi penguraian aditif yang ditambahkan yang diikuti penurunan angka oktan serta terjadi perubahan warna, walaupun perubahan warna tersebut tidak berpengaruh pada mesin, namun berpengaruh dalam pemasaran.

- **Kadar Belerang**

Kadar belerang didalam mogas sudah lama menjadi perhatian, namun baru dapat ditetapkan batas maksimumnya pada tahun 1970, yaitu sebesar 0.15 %wt. Kemudian dengan dikembangkannya bensin tanpa timbal, ditetapkan maksimum 0.10 %wt. Penentuan batas kadar belerang ini sangat penting, yaitu untuk melindungi mesin dari keausan dan korosi pada sistem gas buang serta untuk mencegah kerusakan atau penurunan mutu dari minyak pelumas. Kadar belerang dalam mogas dapat ditentukan dengan metode lampu (*sulfur lamp*) yang mengacu pada metode ASTM D-1266 atau metode spektografi sinar X yang mengacu pada metode ASTM D-2622..

- **Korosi**

Untuk menjamin agar mogas tidak menimbulkan korosi pada bagian-bagian mesin yang terbuat dari tembaga, sudah sejak lama ditetapkan cara pengujian dengan lempeng tembaga yang mengacu pada metode ASTM D-130.

Bila lempeng tembaga standar direndam didalam sampel mogas pada suhu 50°C atau 122°F selama 3 jam, warna lempeng tembaga tidak boleh lebih jelek dari warna standar ASTM No. 1. Mogas juga

menimbulkan korosi terhadap logam selain tembaga, namun sampai sekarang belum ada metode baku untuk menentukan daya korosi terhadap logam-logam dimaksud

BAB VI SIFAT-SIFAT FISIS MINYAK BUMI

Di dalam bab ini akan dibahas mengenai beberapa sifat-sifat fisis minyak bumi yang frasis-frasisnya, yang sangat berguna dalam perhitungan-perhitungan. Buku yang lengkap yang membahas mengenai hal ini ialah Technical Data Book Petroleum Refining yang diterbitkan oleh American Petroleum Institute, Division of Refining, Washington D.C. dan Data Book on Hydrocarbons Karangan J.B. Maxwel, yang diterbitkan oleh Robert Krieger Publishing Company, Huntington New York.

1. TITIK DIDIH RERATA FRAKSI MINYAK BUMI

Banyak sifat-sifat fisis senyawa hidrokarbon murni yang dapat dikorelasikan dengan berat jenis (*specific gravity*) dan titik didih normal. Korelasi ini juga dapat dikenakan pada fraksi minyak bumi yang terdiri dari sejumlah besar senyawa-senyawa hidrokarbon, yang biasanya mempunyai titik didih yang berbeda-beda.

Berat jenis fraksi minyak bumi dengan mudah dapat ditentukan dalam laboratorium, sedangkan titik didih rerata yang segera dapat diperoleh dari data distilasi ASTM adalah titik didih rerata volumetric, TDRV (*volumetric average boiling point, VABP*). Watson dan Nelson menunjukkan bahwa banyak sifat-sifat fisis fraksi minyak bumi yang tidak dapat dikorelasikan dengan titik didih rerata volumetric, tetapi hanya dapat dikorelasikan dengan titik didih rerata volumetriis, tetapi hanya dapat dikorelasikan dengan titik didih rerata fraksi minyak bumi yang lain, seperti titik didih rerata molal, TDRM (*molal average boiling point, MABP*), titik didih rerata kubis (*cubic average boiling point, CABP*), titik didih rerata berat, TDRB (*weight average boiling point, WABP*) dan titik didih rerata tengahan, TDRT (*mean average boiling point, MeABP*).

Adapun berbagai macam titik didih rerata tersebut diatas dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$TDRV = \frac{t_{10} + t_{30} + t_{50} + t_{70} + t_{90}}{5}$$

$$TDRM = X_1 t_1 + x_2 t_2 + x_3 t_3 + \dots$$

$$TDRK = (v_1 t_1^{\frac{1}{3}} + v_2 t_2^{\frac{1}{3}} + v_3 t_3^{\frac{1}{3}} + \dots)$$

$$TDRT = \frac{TDRM + TDRK}{2}$$

Dimana: $t_{10}, t_{30}, t_{50}, \dots$ = suhu pada 10%, 30%, 50% distilasi ...

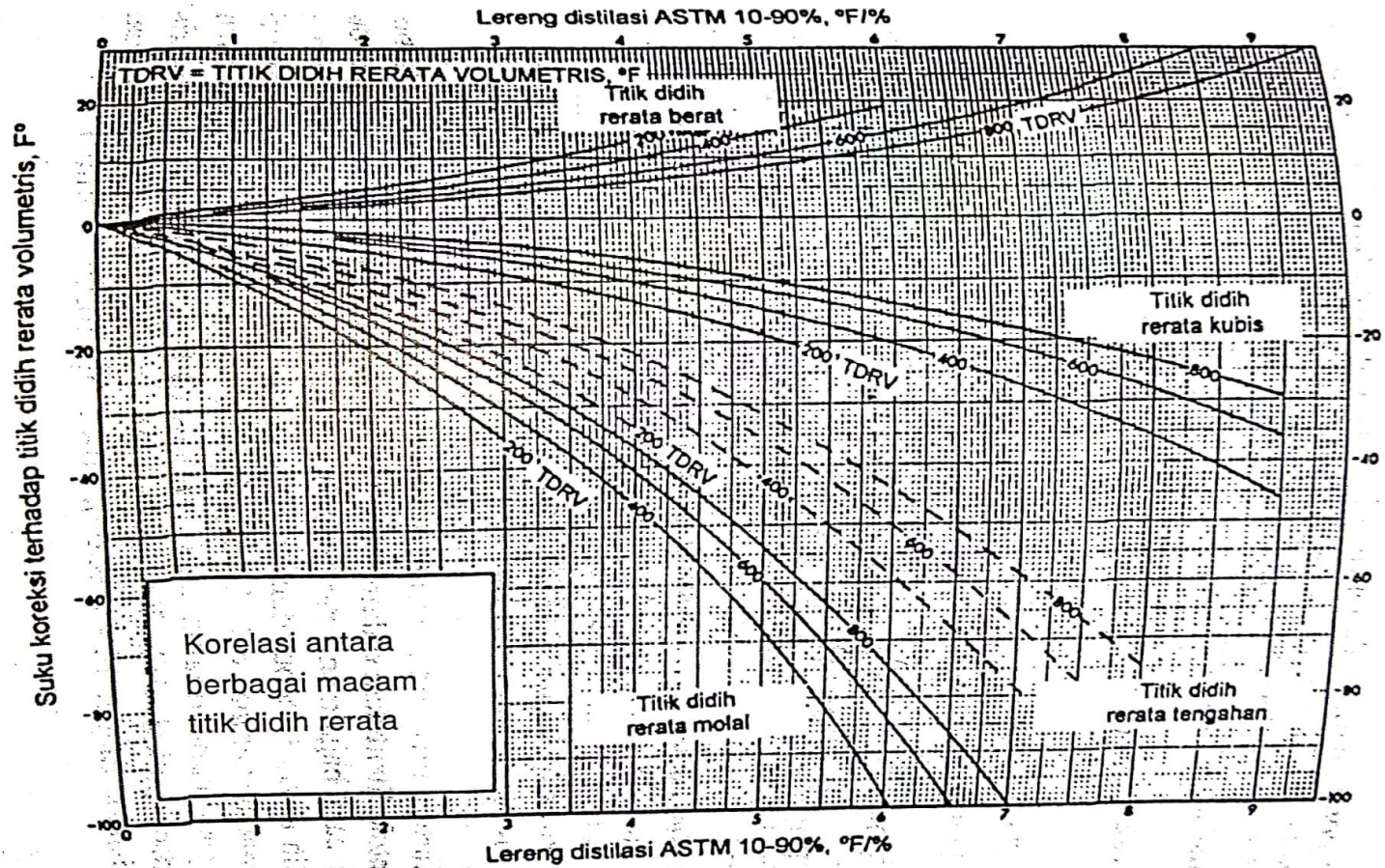
$X_1, X_2, X_3 \dots$ = fraksi mola fraksi 1,2,3 ...

t_1, t_2, t_3, \dots = titik didih tengahan fraksi 1,2,3,...

w_1, W_2, W_3, \dots = fraksi berat fraksi 1,2,3,...

V_1, V_2, V_3, \dots = fraksi volum fraksi 1,2,3,

Karena titik didih rerata molalm rerata berat dan rerata kubis sukar untuk ditentukan dalam laboratorium, maka Watson dan Nelson mencari cara bagaimana memperoleh hubungan antara titik didih – titik didih rerata tersebut dengan titik didih rerata volumetric, seperti terlihat pada gambar 6-1. Dari grafik tersebut akan diperoleh suku koreksi yang harus ditambahkan kepada titik didih rerata volumetric untuk mendapatkan titik didih rerata yang diinginkan, berdasarkan lereng distilasi Engler 10-90% dan titik didih rerata volumetris.



Gambar 6.1. Korelasi antara berbagai macam titik didih rerata (Techical Data book, Petroleum Refining, API)

Contoh 1:

Sebuah contoh bensin mempunyai suhu pada 10, 30, 50, 70 dan 90% distilasi ASTM masing-masing 148, 200, 244, 294 dan 352° F. Tentukan titik didih rerata volumetric, molal, berat, kubis dan tengahan contoh.

Jawaban:

$$\text{Titik didih rerata volumteris TCRV} = \frac{148 + 200 + 244 + 294 + 352}{5} = 248^{\circ}F$$

$$\text{Lereng distilasi ASTM 10 -90\%} = \frac{352-148}{80} = 2,55^{\circ}F/\%$$

Dari gambar 6.1, diperoleh koreksi untuk titik didih rerata molal TDRM, titik didih rerata berat TDRB, titik didih rerata kubis TDRK dan titik didih rerata tengahan TDRT masing-masing adalah 27 °F, -6 ° dan -17 F.

Sehingga titik didih rerata molal TDRM = 248 – 27 = 221 °F

$$\text{Titik didih rerata berat TDRB} = 248 + 7 = 255^{\circ}F$$

$$\text{Titik didih rerata kubis TDRK} = 248 - 6 = 242^{\circ}F$$

$$\text{Titik didih rerata tengahan TDRT} = 248 - 17 = 231^{\circ}F$$

2. FAKTOR KARAKTERISASI

Berdasarkan pengamatan-pengamatan fraksionasi minyak-minyak mentah, Watson, Nelson dan Murphy mendapatkan bahwa jenis setiap fraksi kira-kira sebanding dengan akar pangkat tiga titik didihnya dalam skala absolut pada tekanan 1 atmosfer. Factor perbandingan tersebut yang merupakan indeks tingkat kaparafinan bahan minyak disebut factor karakteristik U.O.P atau factor Watson yang diberi simbol K. Sehingga dapatlah dituliskan bahwa:

$$K = \frac{\sqrt[3]{TB}}{S}$$

Dimana S adalah berat jenis pada 60/60 °F dan TB adalah titik didih rerata tengahan TDRT, TB mula-mula oleh Watson didefinisikan sebagai titik didih rerata molal TDRM, namun dalam perkembangannya TB ini kemudian berubah menjadi titik didih rerata kubis TDRK, dan akhirnya menjadi titik didih rerata tengahan TDRT.

Untuk senyawa hidrokarbon murni, terlihat adanya perbedaan harga K yang menyolok antara senyawa hidrokarbon parafin, naften

dan aromatis, seperti terlihat pada tabel 6.1. Apabila $K_1K_2K_3$ dan seterusnya adalah factor karakterisasi senyawa hidrokarbon 1, 2, 3 dan seterusnya, maka factor karakterisasi campuran senyawa hidrokarbon dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = K_1W_1 + K_2W_2 + K_3W_3 + \dots$$

Dimana $w_1w_2w_3$ dst adalah fraksi berat senyawa hidrokarbon 1,2,3 dst. Ternyata bahwa factor karakterisasi mempunyai peran yang sangat penting untuk fraksi minyak bumi langsung (*straight run fractions*) karena factor tersebut dapat dikorelasikan dengan sifat fisis dan sifat fraksi. Untuk fraksi minyak bumi yang mengandung senyawa hidrokarbon olefin, diolefin dan aromatis yaitu yang berasal dari proses rengkahan ataupun proses sintesis yang lain, factor karakterisasi Watson tidak dapat dikorelasikan secara baik dengan sifat-sifat fisis dan sifat termal fraksi.

Tabel 6.1. Faktor karakterisasi senyawa hidrokarbon

Senyawa Hidrokarbon	Faktor karakterisasi
n-heksan	12,8
2-metil pentan	12,8
3-petil pentan	12,65
n-heptan	12,75
n-oktan dan n-parafin yang lebih berat	12,65
siklo pentan	11,35
metil siklo pentan	11,3
bensen	9,75
toluen	10,15

Contoh 2

Apabila bensin pada contoh 1 di atas mempunyai berat kenis pada 60/60 °F 0,7350, maka tentukan factor karakterisasi bensin tersebut.

Jawaban

Menurut definisi factor karakterisasi, maka factor karakterisasi bensin tersebut ialah

$$K = \frac{\sqrt[3]{460+221}}{0,735} = 11,97$$

Untuk fraksi minyak bumi berat, sukar untuk mendapatkan harga titik rerata tengahan TDRT dari percobaan distilasi atmosferis, yang akan digunakan untuk mengjitung factor karakterisasi Watson K. untuk fraksi yang demikian, dengan mengetahui berat jenisnya dan berapa molekulnya, dengan pertolongan gambar 6.2, dapatlah ditentukan factor karakterisasi Watson. Sedangkan berat molekulnya dapat ditentukan dari kekentalannya pada 100 °dan 210 ℉, dengan gambar 6.3.

Contoh 3

Tentukan factor karakterisasi Watson dan berat molekul fraksi minyak bumi yang mempunyai berat jenis pada 60/60 ℉ sebesar 0,749 dan sifat distilasi ASTM D 86 sebagai berikut:

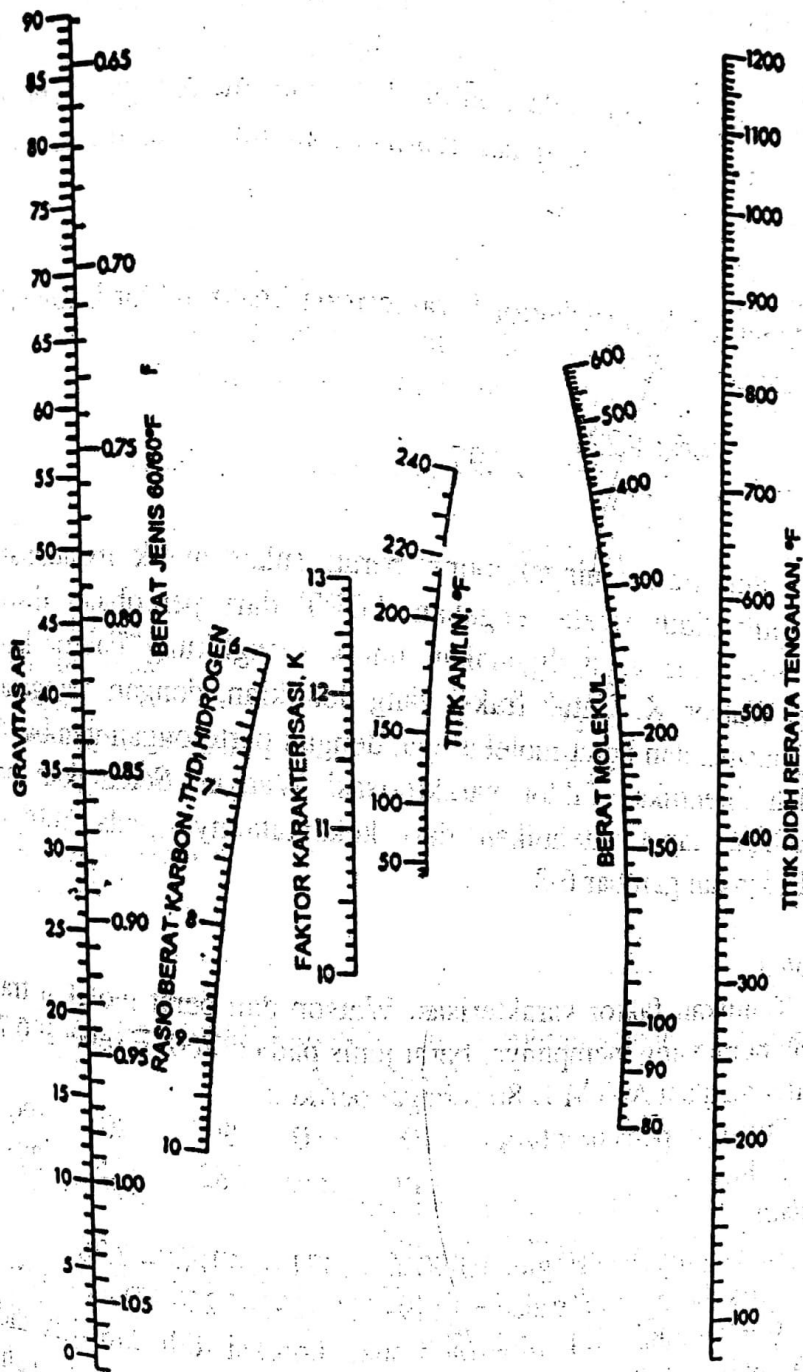
Distilasi, persen volum	10	30	50	70	90
Suhu ℉	149	230	282	325	371

Jawaban:

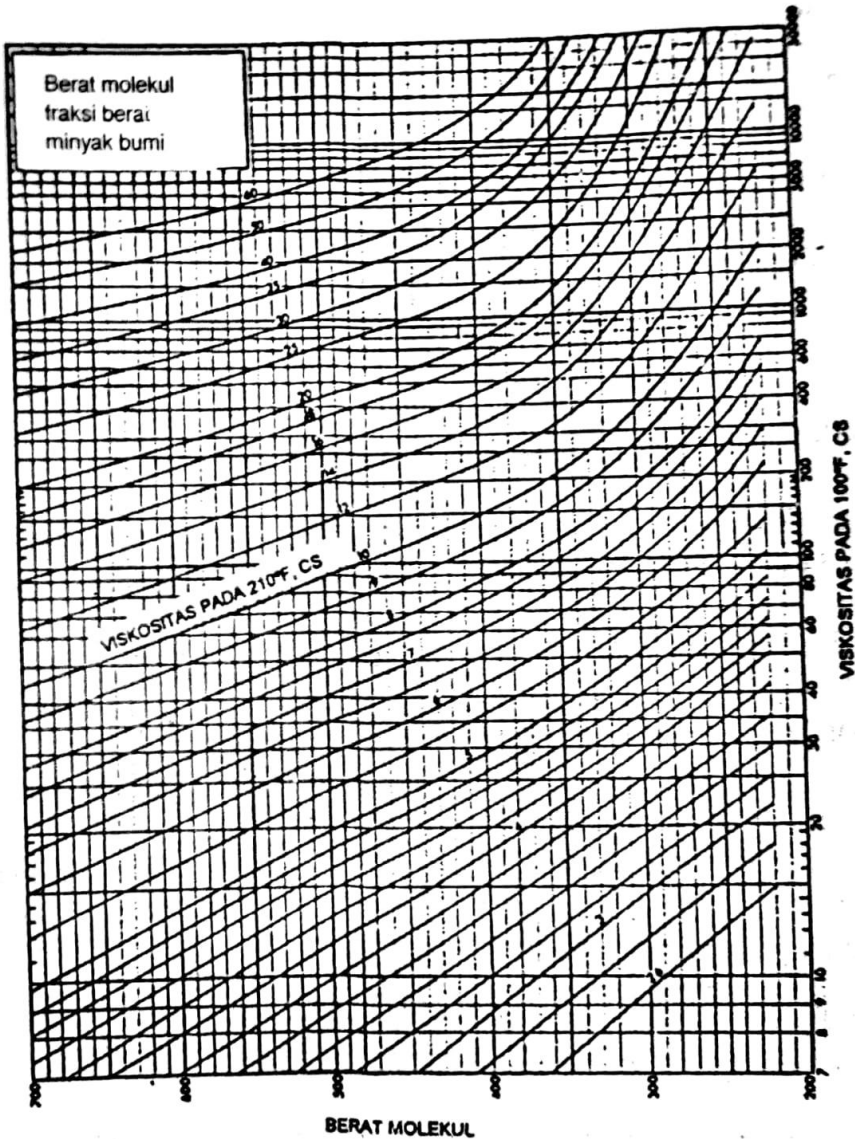
$$\text{Lereng distilasi Engler 10-90\%} = (371 - 149)/80 = 2,78$$

$$\text{Titik didh rerata fraksi} = (149 + 230 + 282 + 325 + 371)/5 = 271 \text{ ℉}$$

Dari gambar 6.1, diperoleh suku koreksi terhadap titik didih rerata volumetric sebesar -19 °℉, sehingga titik didih rerata tengahan fraksi tersebut adalah 271 - 19 = 252 °℉. Dengan menghubungkan titik ini dengan skala berat jenis pada gambar 6.2, maka diperoleh berat molekul dan factor karakterisasi fraksi yaitu masing-masing 113 dan 11,9.



Gambar 6.2. berat molekul dan factor karakterisasi fraksi minyak bumi (Technical Data Book, Petroleum Refining API)



Gambar 6.3. Berat molekul fraksi berat minyak bumi (Techical Data Book Petroleum Refini, API)

Contoh 4

Tentukan berat molekul dan factor karakterisasi Watson fraksi minyak bumi yang mempunyai gravitas API 22,5 dan viskositas kinematis pada 100° dan 210° F masing-masing sebesar 55,1 dan 5,87 cs.

Jawaban:

Dari gambar 6.3, diperoleh berat molekul fraksi minyak bumi 347. Dengan menggunakan harga berat molekul ini dan gravitasi API, diperoleh factor karakterisasi Wason 11,6.

3. PANAS JENIS

Panas jenis adalah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu satuan berat bahan sebesar satu derajat. Satuan panas jenis yang biasa dipergunakan adalah kalori/gram ($^{\circ}$ C) dalam sistem cgs dan BTU/lb ($^{\circ}$ F) dalam sistem inggris. Harga numeric panas jenis adalah sama dalam kedua sistem satuan diatas untuk sesuatu bahan. Panas jenis pada tekanan tetap harganya lebih tinggi dari pada panas jenis pada volum tetap. Panas jenis pada tekanan tetap lebih banyak digunakan dari pada panas jenis pada volum tetap.

Panas jenis minyak bumi dan fraksi-fraksinya mempunyai korelasi dengan suhu, gravitasi API dan factor karakteristik K menurut persamaan sebagai berikut:

$$C_p = [0,355 + (1280)(^{\circ} \text{API}) 10^{-6} + (503 + 1,17 (^{\circ} \text{API})10^{-6}t] \times (0,05K + 0,41)$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa untuk fraksi minyak bumi yang mempunyai harga K dan API gravity tertentu, panas jenis merupakan fungsi linier dari suhu. Untuk mempermudah perhitungan, maka dibuat grafik dalam gambar 6.4 dibawah berdasarkan persamaan diatas untuk fraksi minyak bumi dengan factor karakteristik $K = 11,8$. Dalam gambar tersebut juga disediakan grafik untuk menentukan factor koreksi minyak bumi yang mempunyai factor karakterisasi yang lain dari 11,8.

Karena hubungan antara panas jenis dengan suhu adalah linier maka panas jenis rerata antara suhu t_1 dan t_2 , merupakan panas jenis rerata aritmatik sehingga:

$$C_{p \text{ rerata}} = C_{p \text{ rerata}} = \frac{C_p t_1 + C_p t_2}{2}$$

Menurut Watson dan Fallon, panas jenis uap minyak bumi mempunyai korelasi dengan suhu dan factor karakterisasi K menurut persamaan sebagai berikut:

$$C_p = (0,045K - 0,233) + (0,44 + 0,017K)10^{-3}t - (0,153)10^{-6}t^2$$

Sehingga uap minyak bumi yang mempunyai factor karakterisasi tertentu, panas jenisnya merupakan fungsi kuadrat dari suhunya. Untuk memudahkan penggunaan persamaan terakhir ini telah pula dibuat grafik seperti terlihat pada gambar 6.5.

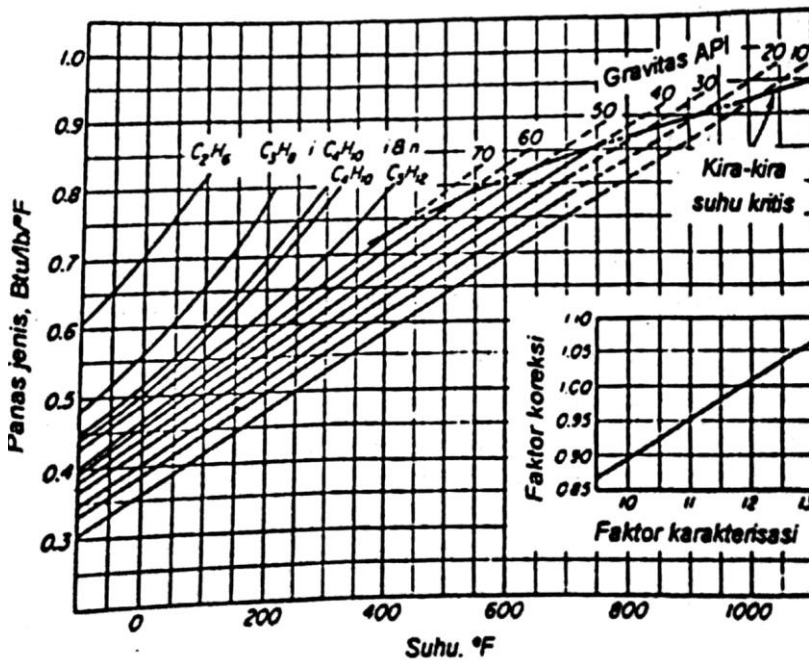
Panas jenis rerata uap minyak uap dapat ditentukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$C_{p \text{ rerata}} = 1/6 (C_{p1} + 4C_{p \text{ rerata}} + C_{p2})$$

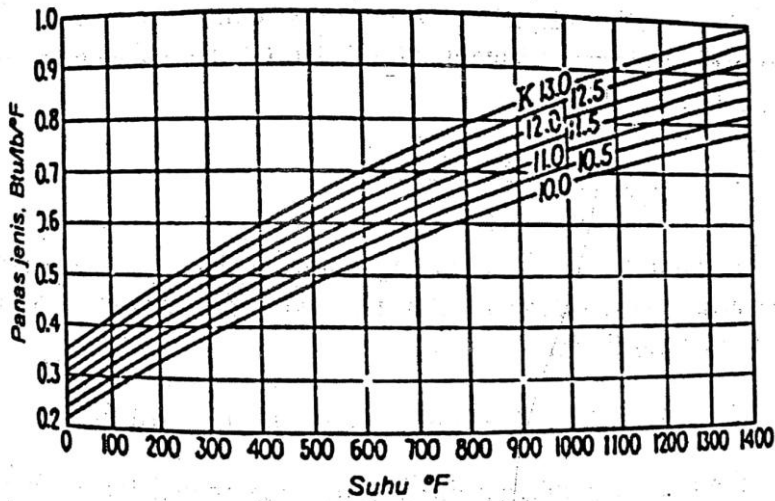
Dimana: C_{p1} = panas jenis uap minyak pada t_1

C_{p2} = panas jenis uap minyak pada t_2

$C_{pt \text{ rerata}}$ = panas jenis pada suhu rerata, yaitu pada $\frac{1}{2}(t_1 + t_2)$



Gambar 6.4. Panas jenis fraksi minyak bumi (Nelson, “ Petroleum Refinery Englineering”, McGraw-Hill).



Gambar 6.5. Panas jenis uap minyak bumi (Hougen, Watson & Ragatz, Wiley)

Contoh 5:

Beberapa banyaknya panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1000lb minyak bumi dasar parafin ($K = 12,5$) dengan API gravity 40 dari 100 menjadi $700^{\circ}F$?

Jawaban:

Panas jenis minyak bumi dasar tengahan ($K = 11,8$) pada 100 dan $700^{\circ}F$

$$\frac{0,48 + 0,83}{2} = 0,655 \text{ Btu/lb}^{\circ}F$$

Faktor koreksi untuk minyak bumi dengan $K = 12,5$ adalah 1,03 sehingga panas yang diperlukan = $1000 (700 - 100) (1,03) (0,655)$
 $= 404.790 \text{ Btu}$

4. ENTALPI

Entalpi minyak bumi dan uap minyak bumi dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar 6.6. grafik ini dibuat oleh Shell Development Company berdasarkan data-data dari Watson, Nelson dan Smith. Sehingga suhu dasar adalah $0^{\circ}F$ dan didasarkan pada minyak bumi cair dengan factor Watson $K = 12$. Grafik ini dilengkapi dengan gradik tambahan untuk mendapatkan suhu oreksi terhadap pengaruh tekanan.

Contoh 6:

Tentukan entalpi uap fraksi minyak bumi yang mempunyai kondisi-kondisi sebagai berikut:

Gravitas API = 50°

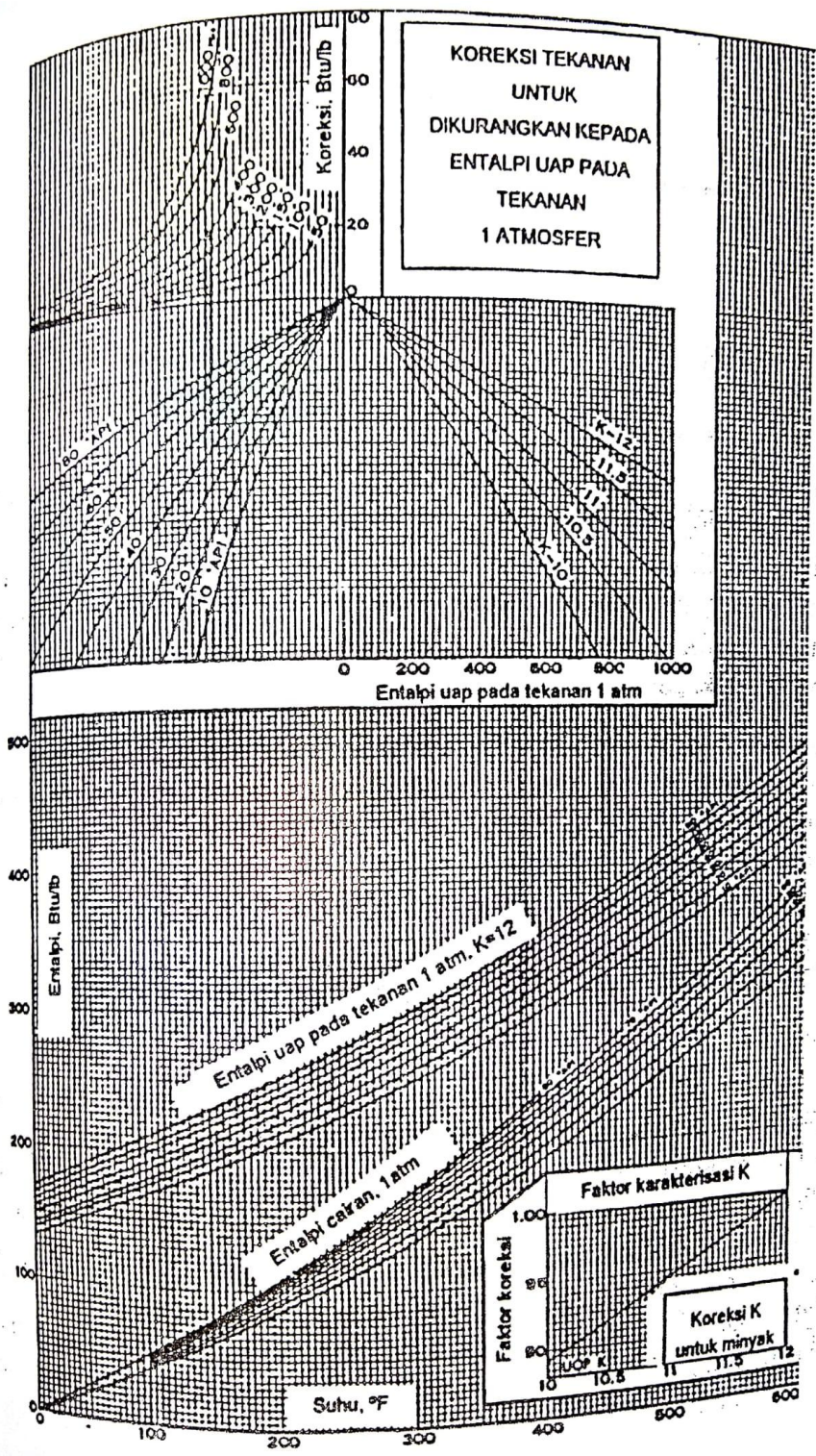
Faktor karakterisasi K = 11

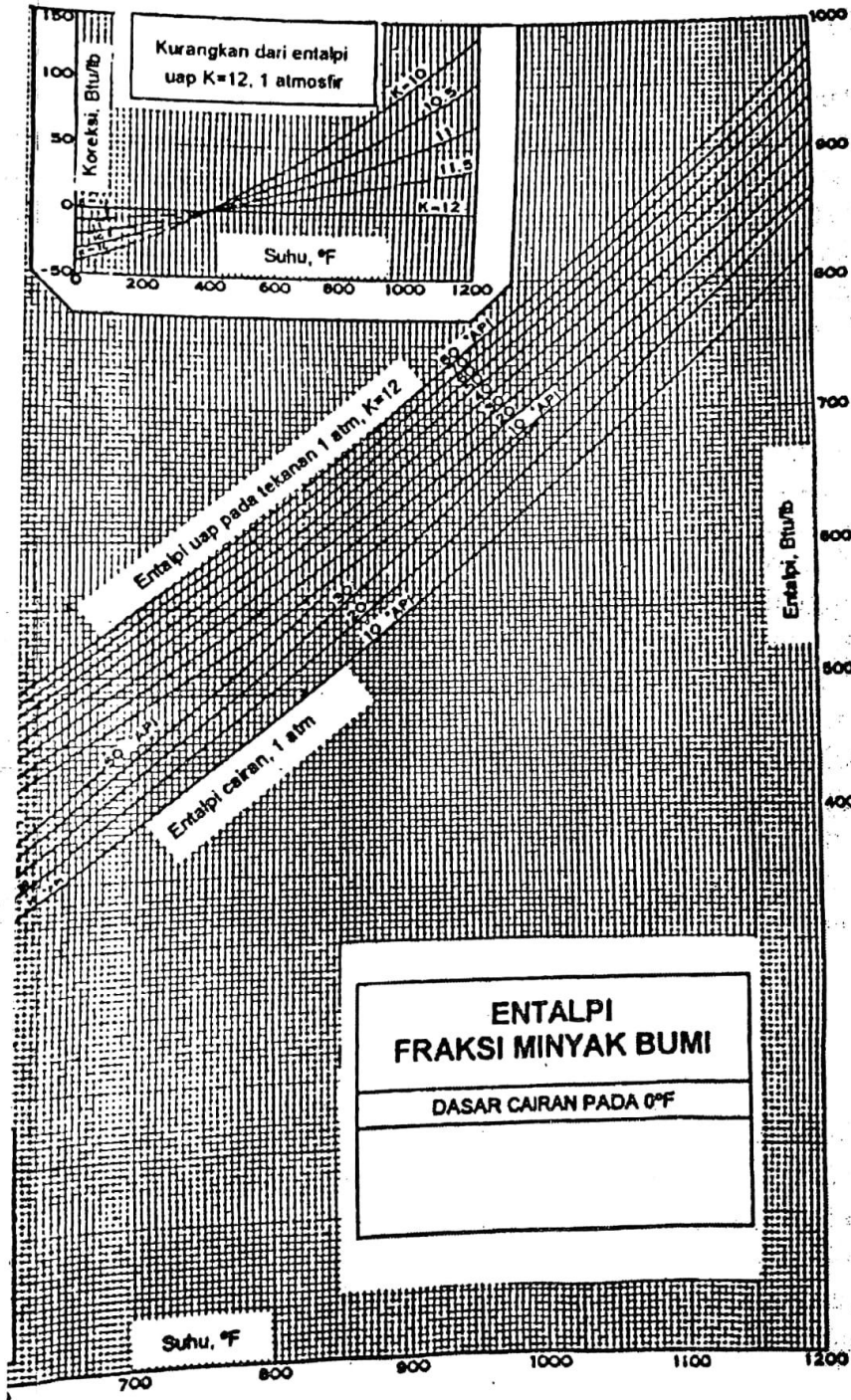
Suhu = 600° F

Tekanan = 400 psia

Jawaban:

Dari gambar 6.6 didapat entalpi uap fraksi minyak bumi yang mempunyai gravitasi API 50° pada 600° F dan tekanan 1 atmosfer, dan factor karakterisasi K = 12 adalah 455 Btu/lb. sehingga entalpi uap fraksi minyak bumi dengan API gravity 50° pada 600° F dan tekanan 1 atmosfer dan dengan factor karakteristik K = 11 adalah $455 - 13 = 442$ Btu/lb. koreksi tekanan seperti yang ditunjukkan oleh garis putus adalah -20 Btu/lb. sehingga entalpi uap fraksi minyak bumi pada kondisi tersebut adalah $442 - 20 = 422$ Btu/lb.





Gambar 6.6 Entalpi fraksi minyak bumi termasuk pengaruh tekanan (Nelson, "Petroleum Refining Engineering", McGraw-Hill)

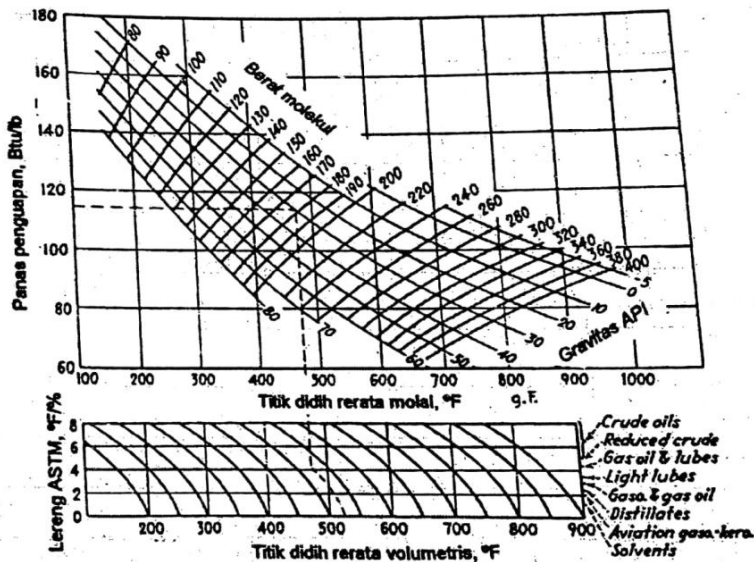
5. PANAS LATEN PENGUAPAN

Panas laten penguapan ialah panas yang diperlukan untuk menguapkan satu satuan besarat cairan pada titik didih atmosferis. Dalam sistim satuan inggis satuan panas laten penguapan adalah Btu/lb dan dalam sistem, satuan cgs adalah kalori/g. Panas laten penguapan molar pada tekanan atmosferis untuk cairan-cairan non-polar seperti cairan-cairan hidrokarbon dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan Kistiakowsky:

$$M_r = T_b [7,58 + 4,57 \log T_b]$$

Dimana: M_r = panas laten penguapan molar, Btu/lb mol
 T_b = titik didih normal, R.

Menurut Watson, persamaan diatas memberikan harga panas laten penguapan molar yang rendah untuk fraksi minyak bumi berat. Korelasi yang diperoleh Watson yang dikembangkan dari sejumlah data untuk berbagai fraksi minyak bumi yang diberikan pada gambar 6.7 berikut ini.



Gambar 6.7 Panas penguapan fraksi minyak bumi pada tekanan atmosferis. (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)

Dalam gambar menggunakan gambar 6.7, apabila memungkinkan lebih baik digunakan berat molekul dari pada gravitasi API dalam menentukan panas laten penguapan fraksi minyak bumi.

Untuk menentukan panas laten penguapan fraksi minyak bumi pada tekanan yang lain dari tekanan atmosfer, Watson mengajukan persamaan empiris sebagai berikut :

$$L = \gamma L_B \frac{T}{T_B}$$

Dimana :

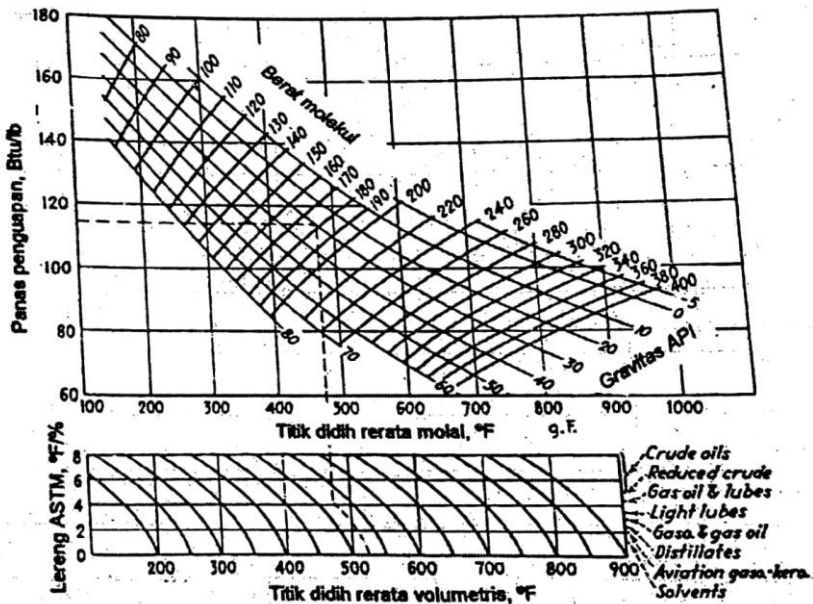
L = panas laten penguapan pada suhu absolut T

L_B = panas laten penguapan pada titik didih normal absolut T_B

γ = suatu factor koreksi yang dapat ditentukan dari grafik gambar 6.8

6.8

Ternyata bahwa panas laten penguapan turun dengan naiknya suhu dan pada suhu kritis menjadi sama dengan nol.



Gambar 6.7 Panas penguapan fraksi minyak bumi pada tekanan atmosferis, (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)

Contoh 7:

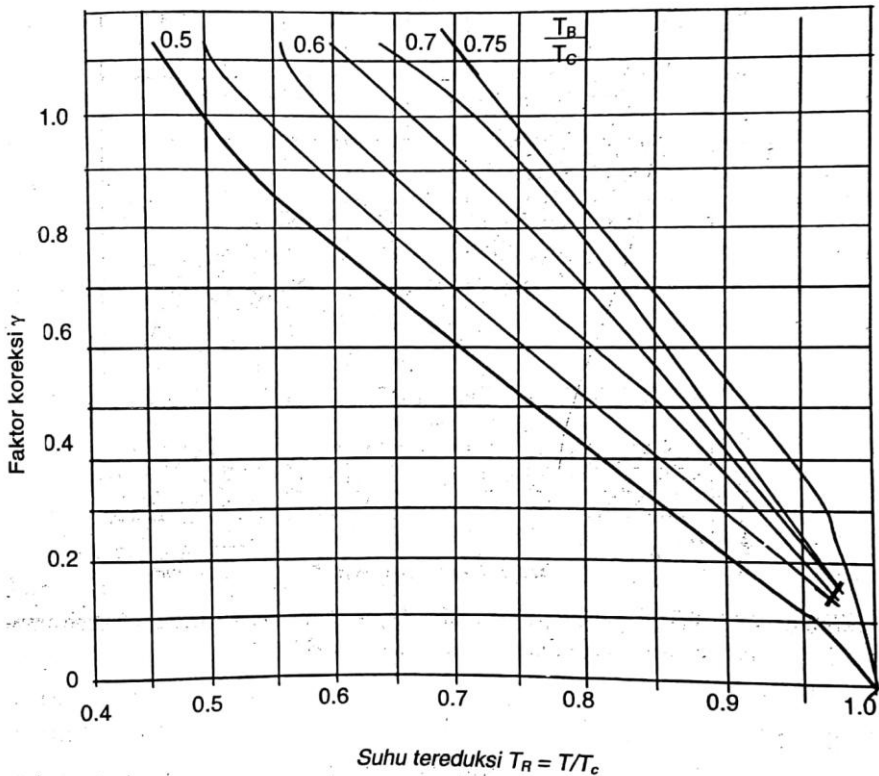
Suatu fraksi minyak bumi dasar tengahan yang mempuntai daerah didih yang sempit mempunyai factor karakterisasi 11,9 dan gravitas API 35°, berapakah panas laten penguapan fraksi ini pada tekanan atmosferis dan pada suhu 500° F?

Jawaban:

Dari diagram pada gambar 6.9 dapatlah ditentukan sifat fraksi minyak bumi tersebut:

- Titik didih atmosferis 580° F (1040 R)
- Berat molekul 250
- Suhu kritis 900° F (1360 R)

Dengan menggunakan diagram gambar 6.7, dapatlah ditentukan harga panas laten penguapan farksi minyak bumi sebesar 92 Btu/lb.



Gambar 6.8 Faktor koreksi (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", Mc Graw-Hill)

Untuk menentukan panas laten penguapan fraksi minyak pada 500° F, perlu ditetapkan beberapa factor lain sbb:

$$T_B/T_C = 1040/1360 = 0,765$$

$$T_B = T/T_C = (500 +460) / 1360 = 9,796$$

Faktor koreksi = 1,16 (dari gambar 6.8)

Panas laten penguapan pada suhu 500° F.

$$L = 1,16 \times 92 \times 900/1040 = 98 \text{ Btu/lb}$$

6. TITIK KRITIS

Suhu kritis adalah suhu tertinggi dimana gas masih dapat di carikan dengan menggunakan tekanan. Tekanan minimum yang diperlukan untuk mencairkan gas pada suhu kritis disebut: tekanan kritis. Volum gas pada suhu kritis disebut: volum kritis. Pada titik kritis, yaitu pada suhu dan tekanan kritis tidak dapat dibedakan lagi antara fase gas dan fase cair. Tidak terjadi perubahan volume apabila cairan diuapkan pada titik kritis, dan tidak diperlukan panas untuk penguapannya.

Suhu kritis dan tekanan kritis senyawa-senyawa hidrokarbon dapat diperoleh pada beberapa pustaka. Untuk fraksi minyak bumi yang merupakan campuran dari banyak komponen, digunakan konsep titik kritis semu (*pseudo critical point*). Menurut W.B. Kay titik kritis semu didefinisikan sebagai suhu dan tekanan kritis rerata molar komponen-komponen suatu campuran. Titik kritis semu ini dapat digunakan untuk menentukan suhu dan tekanan kritis semu fraksi minyak bumi, dapat digunakan gambar 6.9 dan 6.10. sedangkan dalam korelasi beberapa sifat fisis bahan, sifat-sifat tereduksi yang didefinisikan sebagai perbandingan antara harga sifat-sifat yang sesungguhnya terhadap harga kritisnya sangat bermanfaat.

Contoh 8:

Tentukan suhu dan tekanan kritis semu campuran yang terdiri dari 80% mole etan dan 10% mole propan. Adapun suhu dan tekanan kritis metan, etan dan propan adalah sebagai berikut :

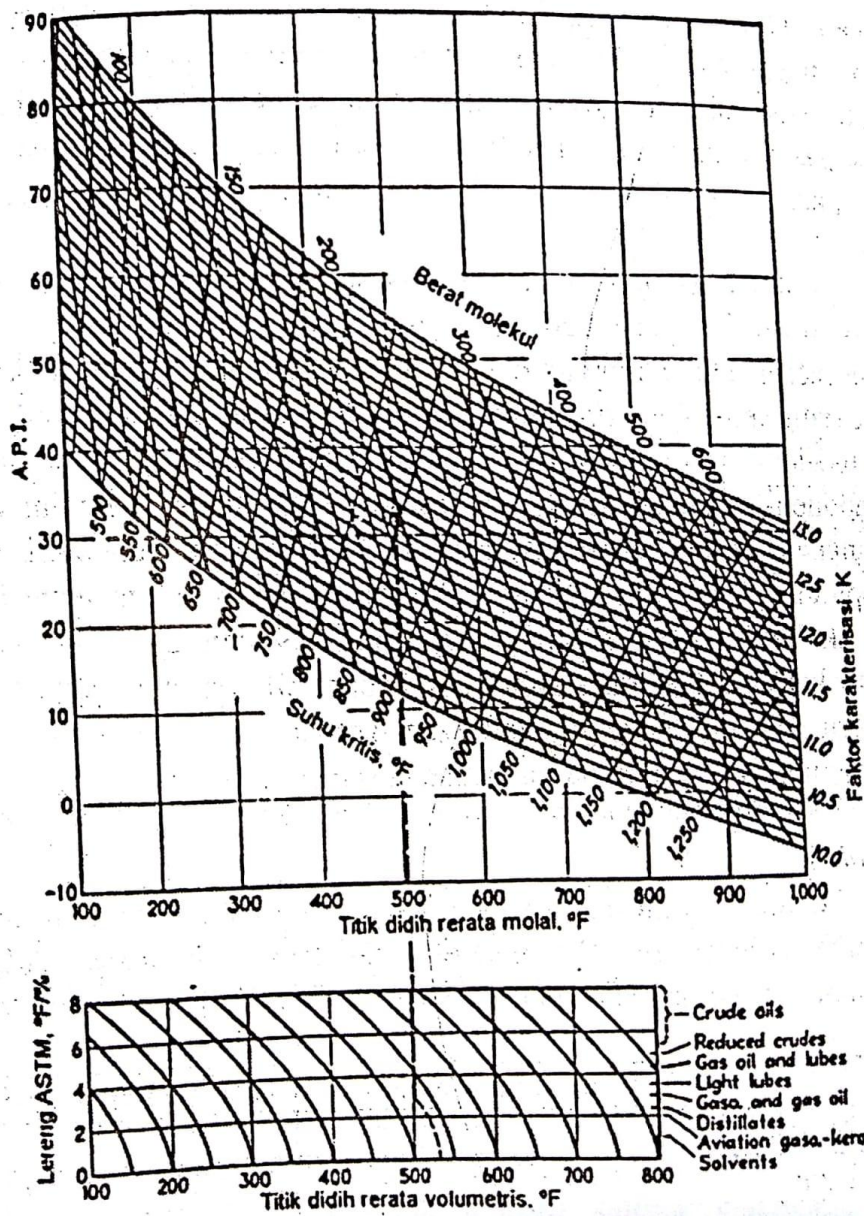
	Suhu kritis, R	Tekanan Kritis, psia
Metan	344	573
Etan	549	715
Propan	665	616

Jawaban:

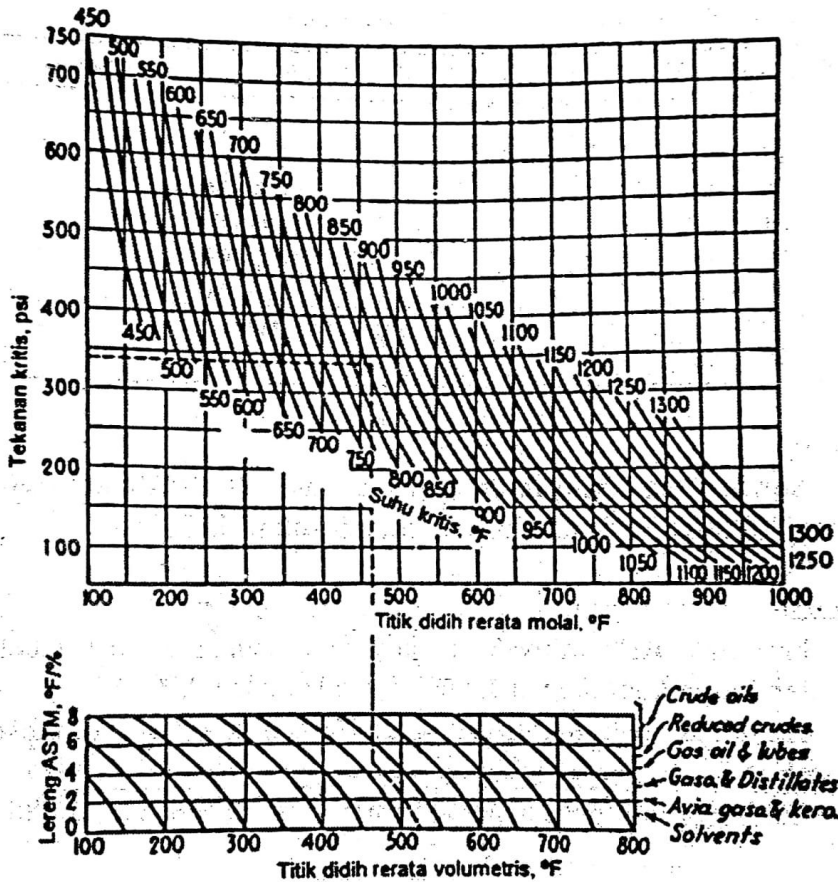
Suhu dan tekanan kritis semu campuran masing-masing adalah:

$$(0,8 \times 344) + (0,1 \times 549) + (0,1 \times 665) = 396,6 \text{ R}$$

$$(0,8 \times 673) + (0,1 \times 715) + (0,1 \times 616) = 671,5 \text{ psia}$$



Gambar 6.9 Berat molekul, suhu kritis semu, gravitas dan factor karakterisasi fraksi minyak bumi (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)



Gambar 6.10. Tekanan kritis fraksi minyak bumi (Nelson, "Petroleum refinery Engineering", McGraw-Hill)

7. KOEFISIEN EKSPANSI

Koefisien ekspansi adlaah fraksi pertambahan volum apabila satu satuan volum bahan dipanaskan sebesar satu derajat. Koefisien eskpansi rerata fraksi minyak bumi yang mempuntai berbagai macam gravitas API sampai suhu 400° F dapat dilihat pada tabel 6.2 berikut:

Tabel 6.2 Koefisien ekspansi rerata fraksi minyak bumi

Daerah gravitas API	Koefisien ekspansi rerata
0 – 14,9	0,00035
15 – 34,9	0,00040
35 – 50,9	0,00050
51 – 63,9	0,00060
64 – 78,9	0,00070

79 – 88,9	0,00080
89 – 93,9	0,00085
94 – 100	0,00090

Contoh 9:

Seribu barel minyak dengan gravitas API 30° dipanaskan dari 85 mnejadi 305° F. Berapakah volum minyak pada 305° F?

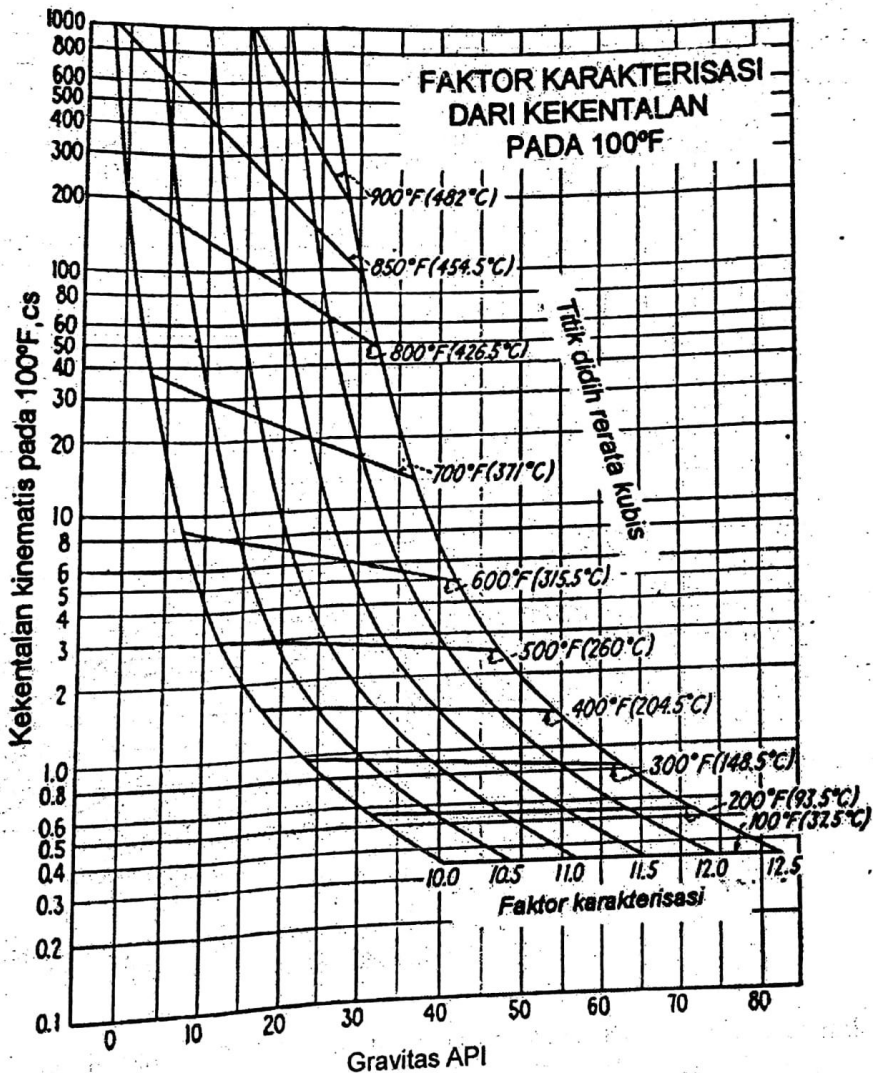
Jawaban:

Gravitasi API minyak adalah 30°, sehingga dari tabel 6.2 diperoleh harga koefisien ekspansi minyak adalah 0,00040.

Kenaikan volum minyak = $1.000 (305 - 85) (0,00040) = 88$ barel. Sehingga volum minyak pada 305° F = $1.000 + 88 = 1.088$ barel

8. VISKOSITAS

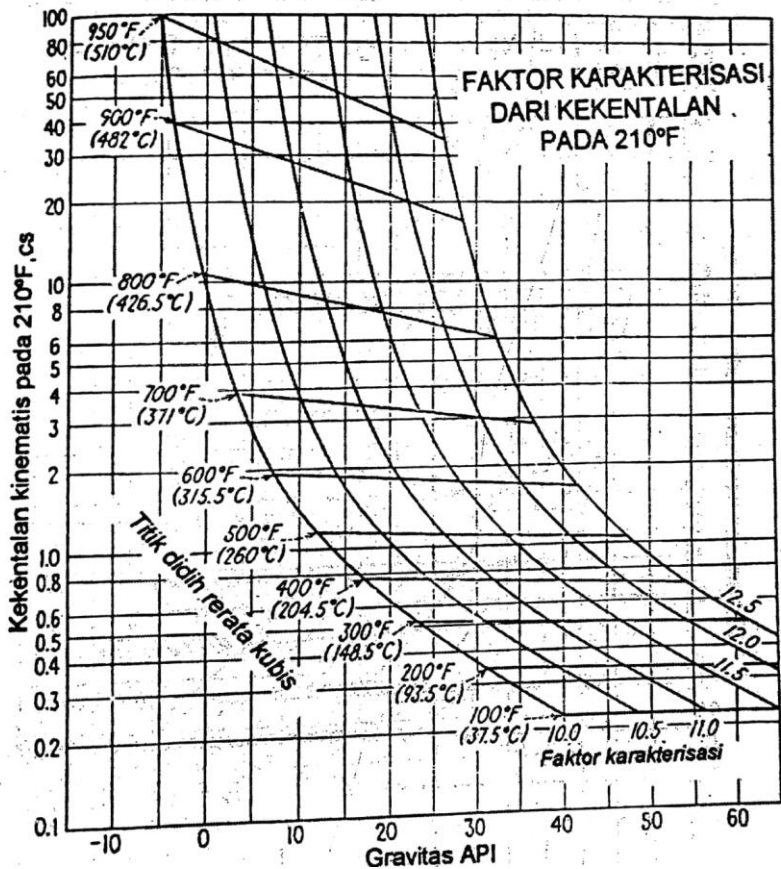
Uji distlasi bukanlah merupakan sutau uji rutin untuk fraksi minyak berat di dalam laboratorium. Untuk fraksi minyak berat seperti minyak bakar, residu dan minyak pelumas, uji rutin dalam laboratorium adalah uji viskositas. Sehingga untuk minyak berat, harga factor karakterisasi seringkali diperoleh dari korelasi antara factor karakterisasi dengan viskositas. Korelasi viskositas ini dapat dilihat pada gambar 6.11 dan 6.12 dengan satuan viskositas dalam centistoke pada 100 dan 210° F.



Gambar 6.11 Hubungan anatar kekentalan pada suhu 100°F, factor karakteriasasi dan gravitas API (Griswold,"Fuels, Combustion and Furnces". McGraw-Hill)

Contoh 10

Sebuah contoh minyak diesel industry (*industrial diesel oil, I.D.O.*) mempunyai berat jenis pada 60/60° F 0,8655 dan viskositas kinematic, pada 100° F 5,9 cs. Tentukan factor karakterisasi contoh tersebut.



Gambar 6.12 Hubungan antara kekentalan pada suhu 210° F, factor karakterisasi dan gravitas API (Griswold, “Fuels, Combustion and Furnaces” Mc Graw-Hill)

Jawaban:

Contoh I.D.O. mempunyai berat jenis pada 60/60° F 0,8655 atau gravitas API 32° dan viskositas kinematic 5,9 cs pada 100° F. Sehingga dengan gambar 6.11 maka diperoleh factor karakterisasi contoh K = 11,7.

Untuk menentukan viskositas contoh fraksi minyak bumi pada suhu yang lain dari pada suhu yang biasa digunakan dalam uji viskositas grafik viskositas-suhu ASTM (ASTM viscosity temperature chart), gambar 6.13. Dalam diagram ini viskositas sesuatu contoh pada berbagai suhu akan terletak pada suatu garis lurus. Untuk ini harus diketahui terlebih dahulu viskositas miyak pada dua suhu yang berbeda.

Viskositas hidrokarbon dan senyawa organik ringan menurut Uyehara dari Watson dapat ditentukan dengan menggunakan gambar 6.14 yang juga merupakan cara terbaik yang ada untuk memperkirakan viskositas uap minyak berat. Viskositas kritis uap minyak dapat ditentukan dengan persamaan.

$$\mu_c = 7,7 \frac{\sqrt{M}P^{2/3}}{T_c^{1/6}}$$

Dimana μ_c adalah viskositas kritis dalam mikropoise, M adalah berat molekul, T_c adalah suhu kritis dalam K dan P_c adalah tekanan kritis dalam atmosfer.

Contoh 11:

Bensin 60° API mempunyai titik didih rerata volumteris 250° F. Tentukan viskositas uap bensin pada 50 psia dan 450° F.

Jawaban:

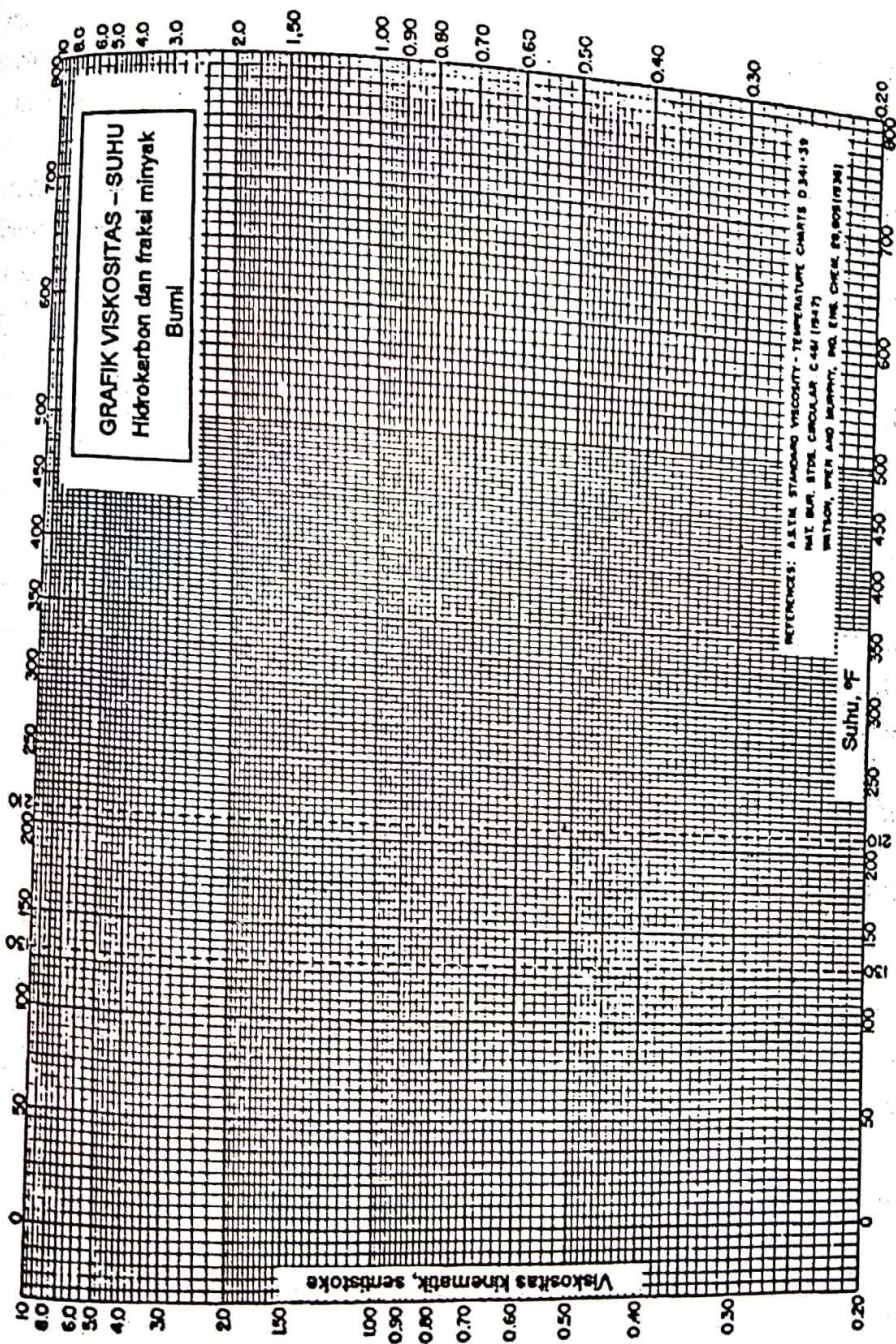
Dari gambar 6.9 dan 6.10 diperoleh”

Titik didih rerata molal	215° F
Berat molekul	102
Suhu kritis	540° F (282° C)
Tekanan kritis	400 psia (31,25 atm)

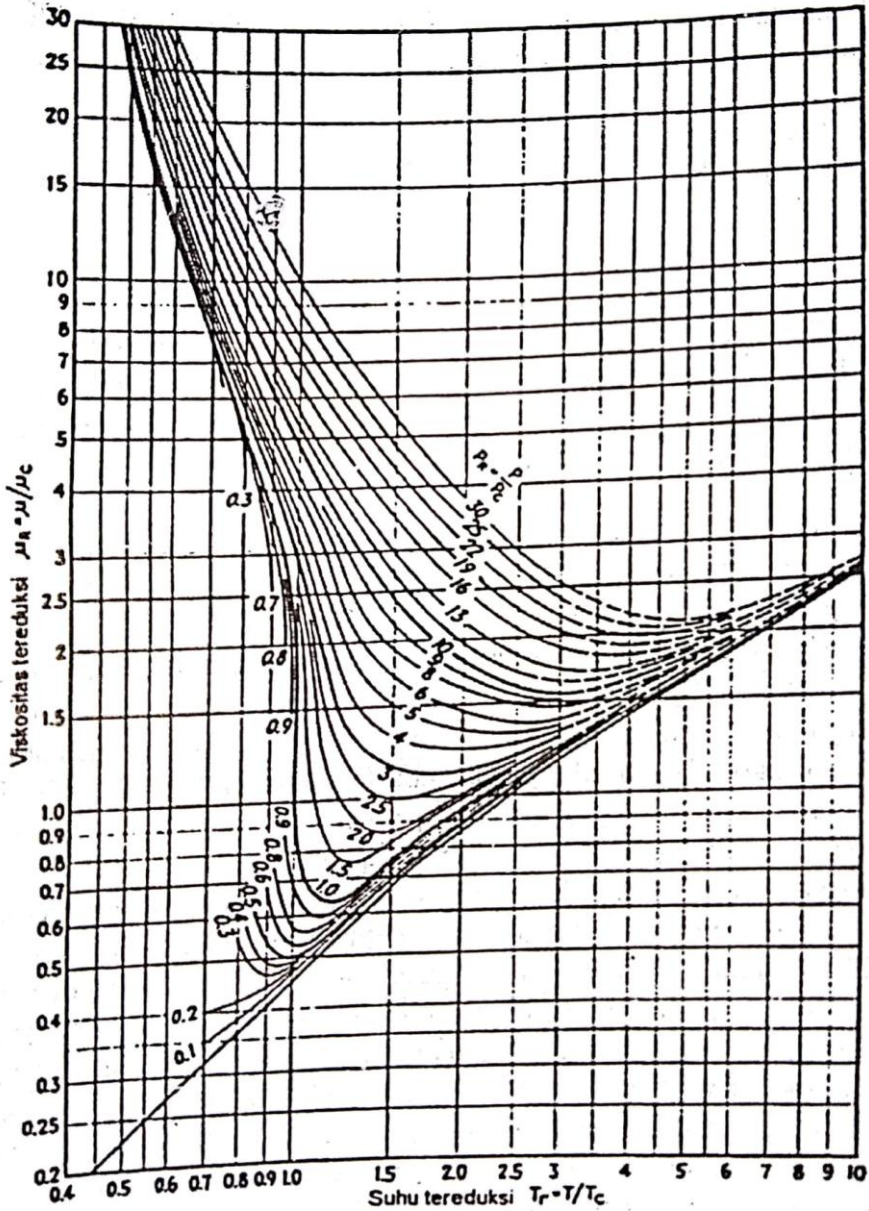
$$\text{Suhu terdeteksi } Tr = \frac{450+460}{540+460} = 0,91$$

$$\text{Tekanan tereduksi } P_r = \frac{50}{400} = 0,109$$

Dari grafik gambar 6.14 diperoleh $\mu_r = 0,430$



Gambar 6.13 Grafik viskositas suhu ASTM (Maxwell, "Data Book on Hydrocarbon". Krieger)



Gambar 6.14 Viskositas uap dan fraksi minyak bumi (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)

Sehingga viskositas bensin pada 50 psia dan 450° F = 0,430 x 270 = 116 mikropoise = 0,0116 centipoise.

Contoh 12

Berapakah viskositas contoh bensin diatas apabila tekanannya adalah 1380 psia ?

Jawaban:

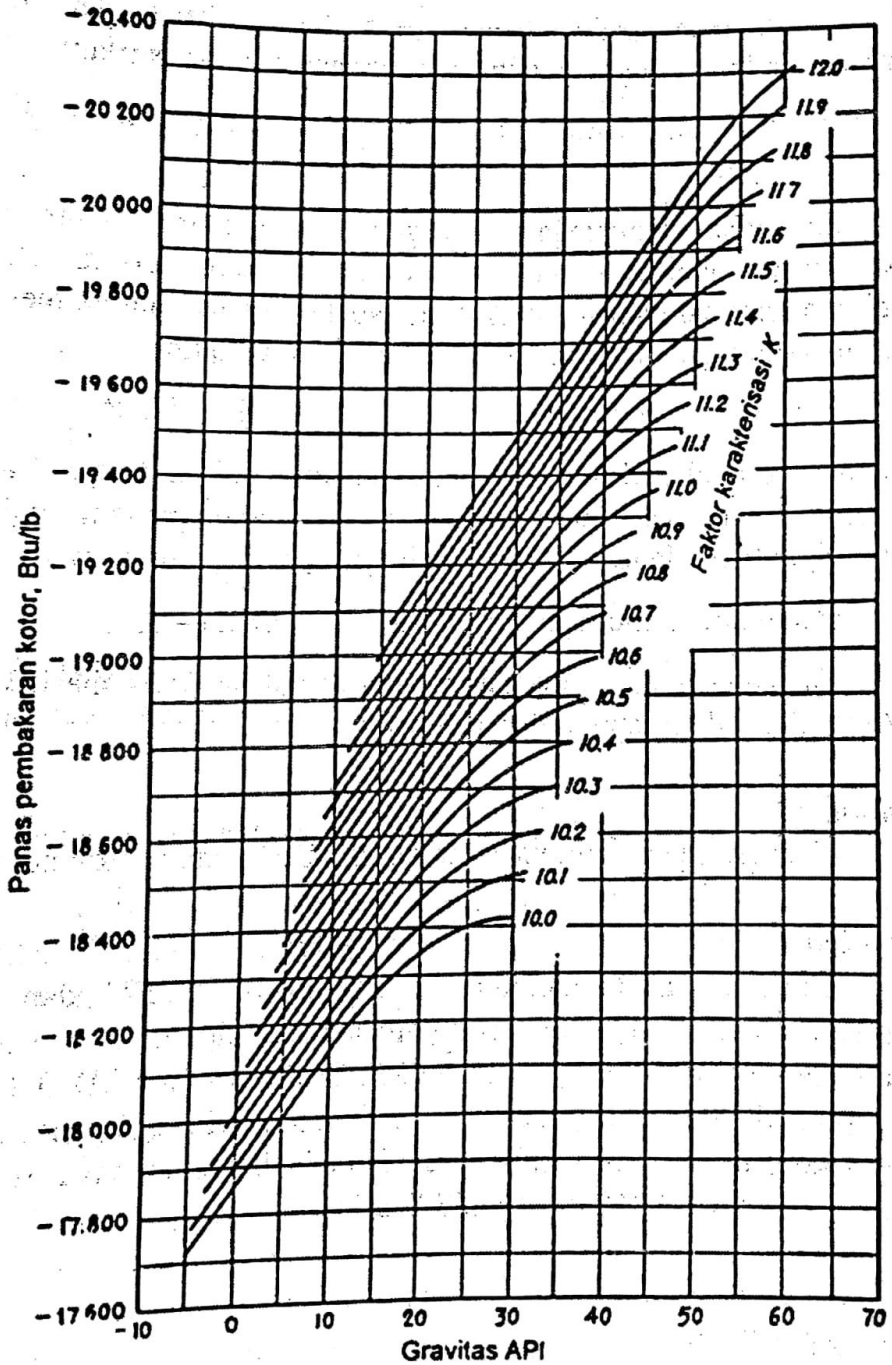
Pada tekanan 1380 psia dan suhu 450° F bensin dalam keadaan cair. Tekanan terduksi $Pr = 1380/460 = 3,0$. Dari grafik 6.14 didapat $\mu_r = 40$ sehingga viskositas bensin = $4 \times 270 = 1080$ miksoipoise = 0,108 centipoise.

9. PANAS PEMBAKARAN

Panas pembakaran bahan bakar minyak adalah panas keseluruhan yang diperoleh dari pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar minyak yang mempunyai suhu 60° F pada waktu pembakaran mulai terjadi dan hasil pembakaran didinginkan ke suhu 60° F. Apabila pada pendinginan hasil pembakaran uap air yang ada semuanya mengembun, maka panas pembakaran disebut: panas pembakaran kotor (gross heating value), karena didalamnya termasuk juga panas yang timbun karena pengembunan uap air. Sebaliknya apabila uap air tidak mengembun, maka panas pembakarannya disebut panas pembakaran bersih (net heating value). Ternyata bahwa panas pembakaran akan naik dengan naiknya gravitas API atau naiknya kandungan hidrogen, seperti terlihat pada gambar 6.15 adalah panas pembakaran kotor. Apabila dari sifat bahan bakar yang diketahui hanyalah gravitas spesifikasinya saja, maka panas pembakaran kotor bahan bakar dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Panas pembakaran kotor, Btu/lb} = 22,320 - 3780 \times S^2$$

Dimana S adalah gravitas spesifik pada 60/60° F.



Gambar 6.15. Panas pembakaran kotor fraksi minyak bumi (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering". McGraw-Hill)

Untuk mendapatkan panas pembakaran bersih dari panas pembakaran kotor, dapat digunakan hubungan sebagai berikut:

Panas pembakaran bersih, Btu/lb = panas pembakaran kotor, Btu/lb – 94% hidrogen,

Penentuan kandungan hidrogen dalam aksi minyak bumi bukanlah merupakan pekerjaan rutin dalam laboratorium. Namun demikian korelasi empiric berikut ini dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan hidrogen dalam fraksi minyak bumi.

$$\text{Persen berat hidrogen} = 14,2 + 0,173 (\text{API}) - 7250/\text{Tb}$$

Dimana Tb adalah titik didih rerata tengahan dalam derajat ranking. Apabila titik didih contoh tidak diketahui, Tb dalam persamaan di atas dapat digantikan dengan K dan S, sehingga persamaannya menjadi:

$$\text{Persen berat hidrogen} = (24,5/S) - (19,4/SK) - 8,6$$

Dimana S dan K masing-masing adalah gravitas spesifik pada 60/60° F dan factor karakterisasi Watson.

Contoh 13:

Tentukan panas pembakaran kotor I.D.O. pada gambar no7!

Jawaban:

Contoh I.D.O. mempunyai gravitas API 32° dan factor karakterisasi K = 11,7. Menurut gambar 6.15 diperoleh bahwa panas pembakaran kotor I.D.O adalah 19,420 Btu/lb. Contoh I.D.O tersebut mempunyai berat jenis pada 60/60° F 0,8655. Sehingga panas pembakaran kotoranya, sehingga kepada berat jenisnya saja ialah $22.320 - 3.780 \times 0,8655^2 = 19,488$ Btu/lb

10. DENSITAS

Densitas didefinisikan sebagai massa yang terdapat dalam suatu satuan volum yang biasanya dinyatakan dalam gram/cm³ atau dalam pound/ft³. Densitas sering dinyatakan dalam gravitas API, gravitas spesifik (specific gravity) atau berat jenis dan lb/gallon, lb/ft³ atau lb/barrel. Berat jenis minyak adalah densitas minyak relative terhadap densitas air pada kondisi tertentu.

$$\text{Berat jenis } t^{\circ}/60^{\circ}\text{F} = \frac{\text{Densitas minyak pada } t^{\circ}\text{ F}}{\text{Densitas air pada } 60^{\circ}\text{ F}}$$

Dalam melaporkan berat jenis minyak bumi dan fraksi-fraksinya, telah disepakati bahwa suhu minyak bumi dan fraksi-fraksinya adalah 60° F.

Hubungan antara berat jenis pada 60/60° F dengan gravitas API ialah:

$$\text{Berat jenis, } 60/60^{\circ}\text{F} = \frac{141,5}{\text{Gravitas API} + 131,5}$$

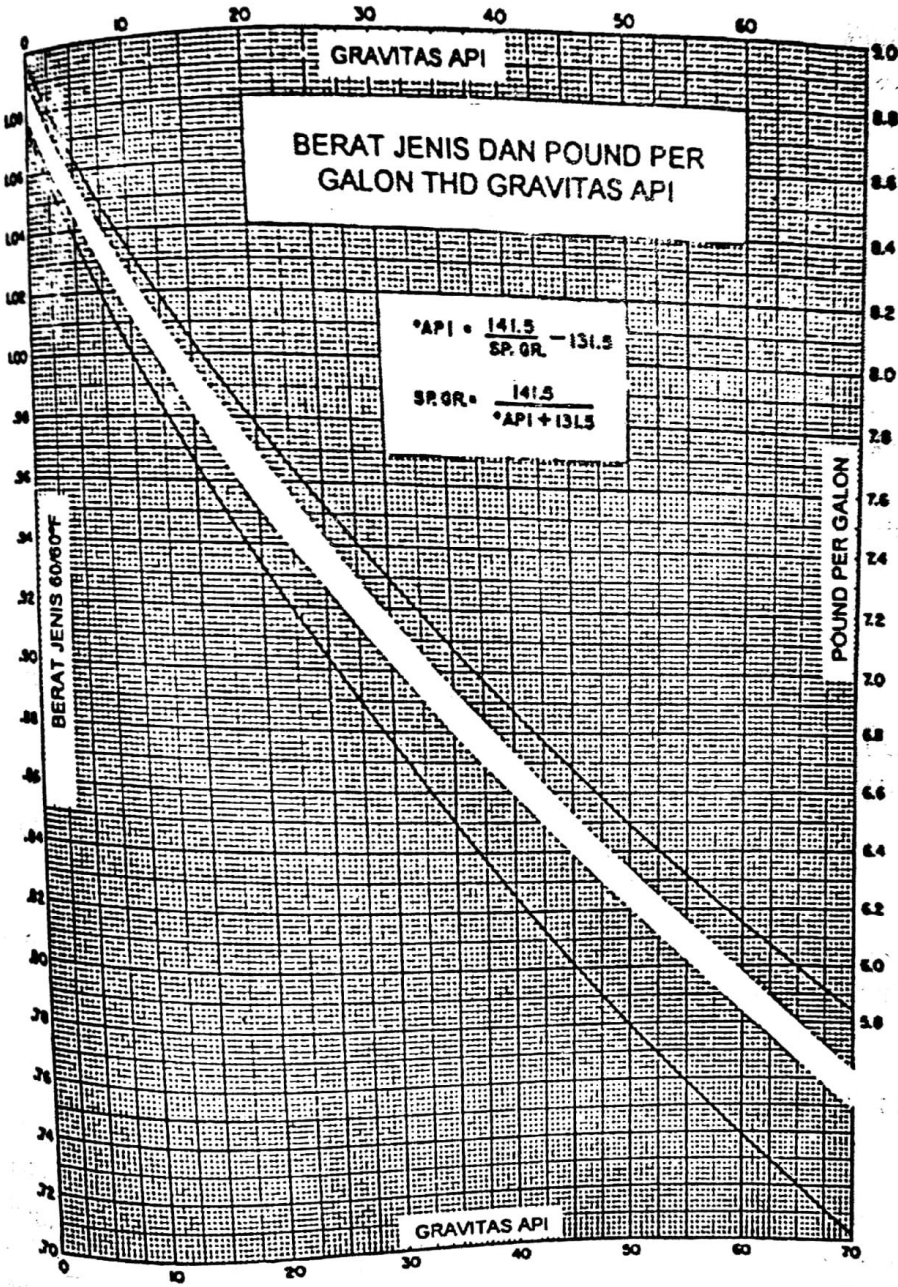
Sedangkan hubungan antara densitas lb/gallon pada 60° F dengan gravitas API. Ialah:

$$\begin{aligned} \text{Densitas lb/gallon pada } 60^{\circ}\text{F} \\ = \frac{1179,8874}{\text{Gravitas API} + 131,5} - 0,0101578 \end{aligned}$$

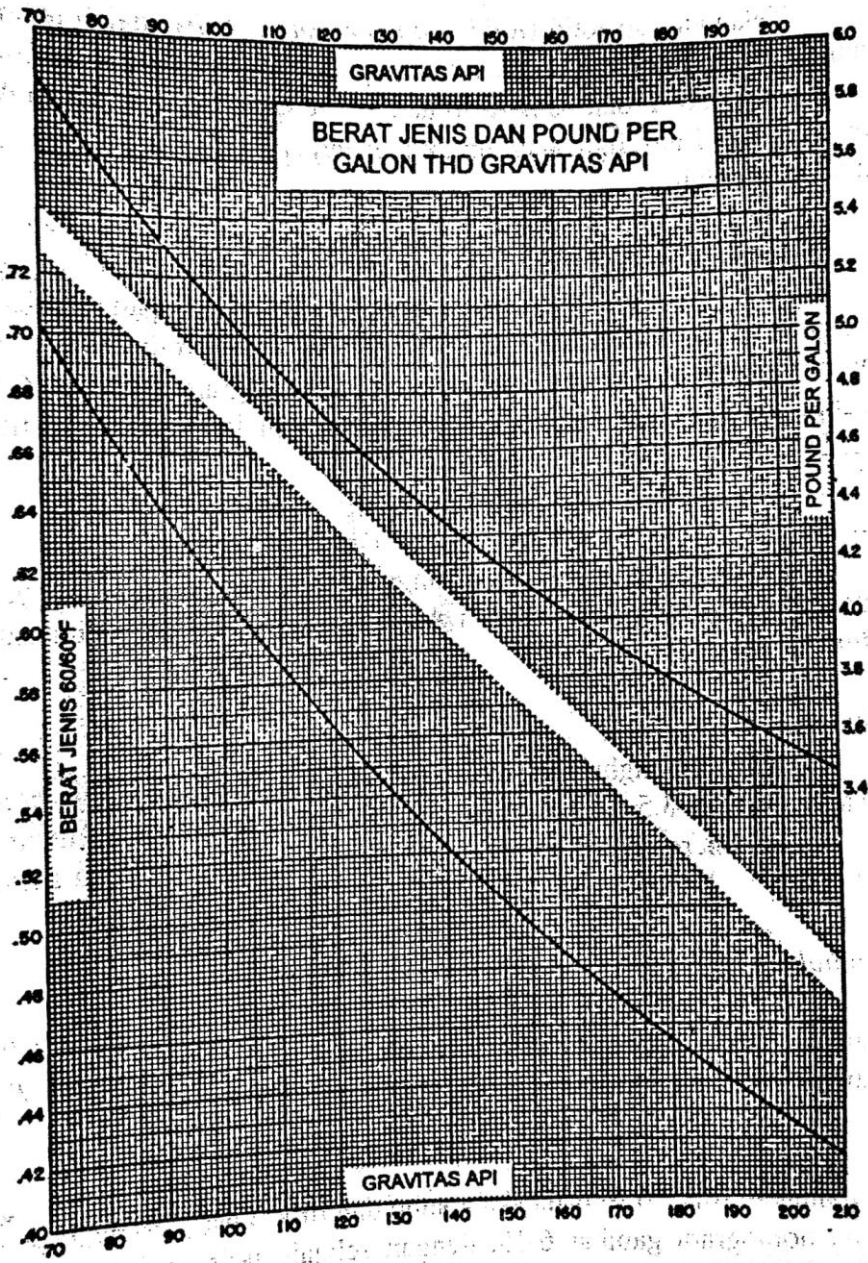
Guna memudahkan untuk mendapatkan hubungan antara berat jenis dan densitas lb/gallon terhadap gravitas API telah pula disediakan gambar 6.16 dan 6.17.

11. TEKANAN UAP

Tekanan uap adalah tekanan di mana fase uap bahan berseimbangan dengan fase cair bahan tersebut pada suhu tertentu. Istilah tekanan uap pada umumnya dikenakan kepada bahan murni, namun kadang-kadang juga digunakan untuk campuran. Tekanan uap untuk sejumlah senyawa hidrokarbon pada berbagai macam suhu dapat diperoleh pada Technical Data Book, American Petroleum Institute Chapter 5.



Gambar 6.16 Hubungan antara berat jenis dan pound/galon terhadap gravitas API (Maxwell, "Databook on Hydrocarbon" Krieger)



Gambar 6.17 Hubungan antara berat jenis dan pound/galon terhadap gravitas API (Maxwell, "Databook in Hydrocarbon", Krieger)

Tekanan uap Reid (*Reid vapor pressure, RVP*) adalah tekanan mutlah yang diberikan oleh suatu campuran dalam lb/in², ditentukan pada suhu 100° F dan pada rasio uap terhadap cairan 4:1. Seringkali

tekanan uap reid digunakan untuk menentukan volatilitas bensin dan minyak mentah.

Tekanan uap reid harganya tidak sama dengan tekanan uap yang sesungguhnya. Hubungan antara tekanan uap reid dengan tekanan uap sesungguhnya pada berbagai suhu dan pada berbagai harga lereng 10% distilasi ASTM untuk bensin dan produk jadi kilang dapat ditentukan dengan menggunakan nomogram gambar 6.18. Tanpa adanya data distilasi, harga pendekatan lereng 10% distilasi ASTM berikut ini dapat digunakan, yaitu:

Contoh 14:

Tentukan tekanan uap sesungguhnya nafta pada 70° F yang mempunyai lereng 10% distilasi ASTM sebesar 3,5 dan tekanan uap Reid 11 psi.

Jawaban:

Dengan menghubungkan sebuah garis lurus melalui titik lereng distilasi Engler 3,5 dengan titik suhu 70° F pada nomogram gambar 6.18, maka diperoleh bahwa tekanan nafta yang sesungguhnya adalah 6,9 psi.

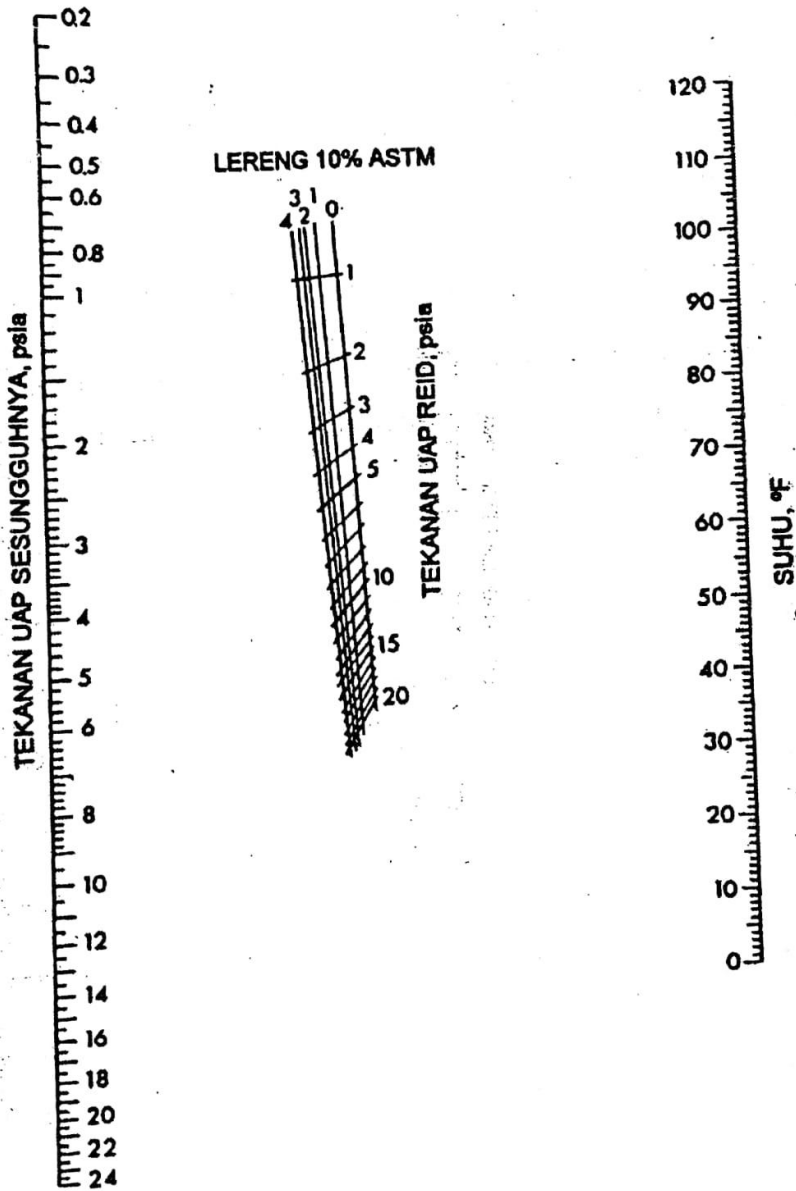
Contoh 15:

Uji laboratorium tekanan uap reid terhadap sebuah contoh minyak mentah memberikan harga 6 psi. Berapakan tekanan uap minyak mentah yang sesungguhnya pada suhu 70° F?

Jawaban:

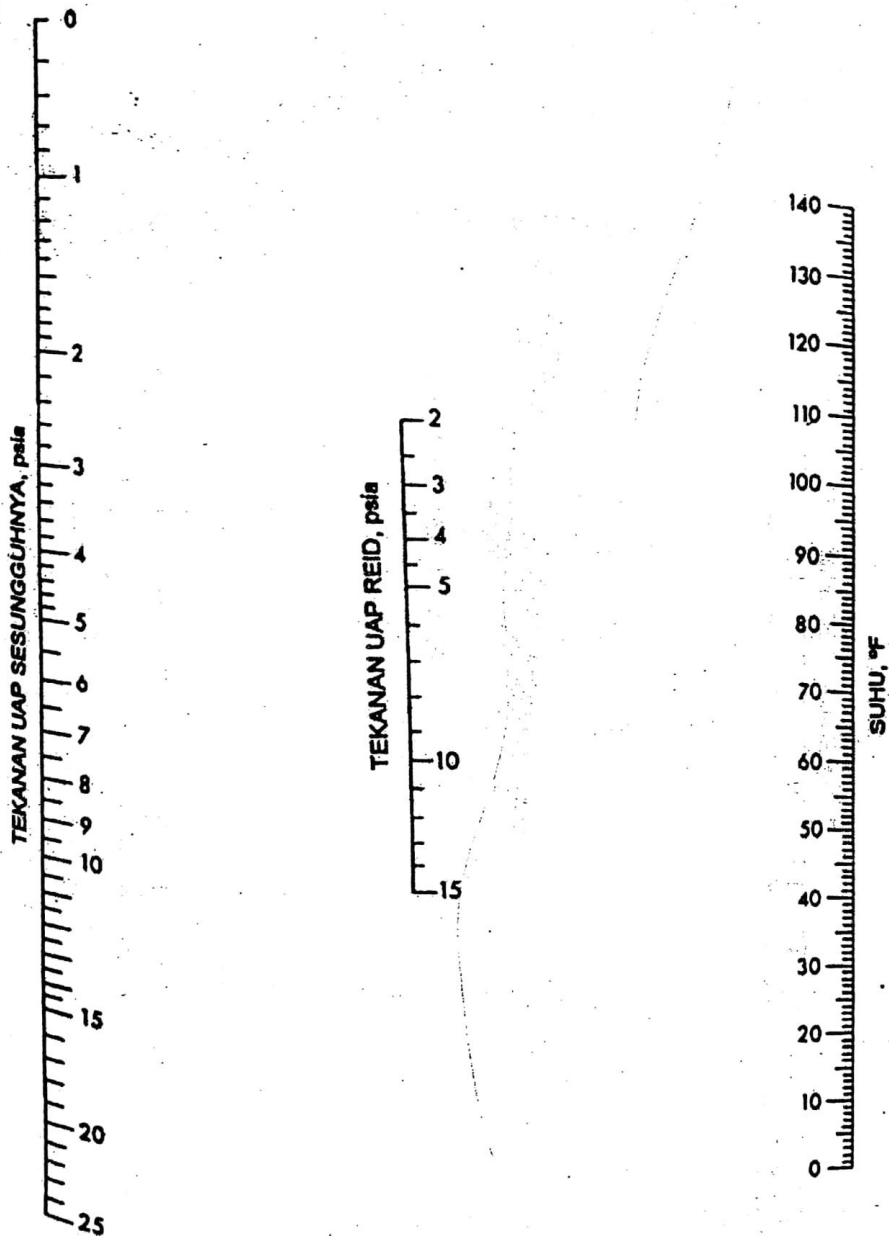
Hubungkan titik 70° F pada skala suhu dan titik 6 psi pada skala RVP pada nomogram gambar 6.19, dengan sebuah garis lurus. Garis ini akan memotong skala tekanan uap yang sesungguhnya pada harga 4,2 psia. Sehingga tekanan uap sesungguhnya minyak mentah pada suhu 70° F adalah 4.2 psia.

Bensin motor	3
Bensin penerbangan	2
Nafta ringan (RVP 9 – 14 psi)	3,5
Nafta (RVP 2- 8 psi)	2,5



**Gambar 6.18 Tekanan uap sesungguhnya bensin dan produk jadi
(Technical Data-Book, Petroleum Refining, API)**

Tekanan uap sesungguhnya minyak mentah dapat diperkirakan dari tekanan uap Reid dengan menggunakan nomogram gambar 6.19 berikut ini.



Gambar 6.19 tekanan uap sesungguhnya minyak mentah (Technical Data Book, Petroleum Refining, API)

12. TEGANGAN MUKA

Tegangan muka berbagai produk minyak bumi mempunyai daerah harga yang sempit, yaitu dari sekitar 24 sampai 38 dyne/cm. Tegangan muka produk minyak bumi akan semakin naik dengan

naiknya berat molekul. Kenaikan suhu akan menurunkan tegangan muka, sehingga pada suhu kritis tegangan muka sama dengan nol.

Bahan-bahan bukan hidrokarbon yang larut dalam minyak akan menurunkan tegangan muka. Senyawa-senyawa polar, seperti sabun dan asam lemak sangat efektif dalam menurunkan tegangan muka. Pengaruhnya sangat nyata pada konsentrasi-konsentrasi yang rendah pengaruhnya sangat nyata pada konsentrasi-konsentrasi yang rendah sampai pada harga kritis, dimana diluar konsentrasi kritis ini penammbhan selanjutnya hanya kecil pengaruhnya. Harga konsentrasi kritis ini sesuai dengan harga konsentrasi yang diperlukan untuk membentuk lapisan molekul tunggal pada permukaan minyak.

BAB VII

EVALUASI MINYAK BUMI

Evaluasi minyak bumi mempunyai beberapa macam tujuan, yaitu disamping untuk keperluan pengolahan dalam kilang, evaluasi minyak bumi juga diperlukan dalam kegiatan eksploitasi, studi tekno ekonomi maupun perdagangan. Evaluasi minyak bumi pada dasarnya adalah analisis yang dikenakan kepada minyak bumi, untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik minyak bumi, komposisi dan persen hasil dan sifat-sifat fraksinya. Pelaksananya disesuaikan dengan jenis keperluannya, sehingga ada 3 jenis evaluasi minyak bumi, yaitu:

1. Evaluasi sederhana yang meliputi penentuan karakteristik umum, analisis kimia dan geokimia minyak bumi. Evaluasi ini biasanya dikenakan kepada minyak bumi yang baru ditemukan dan berguna sebagai petunjuk mengenai potensi sumber daya alam.
2. Evaluasi sedang yang meliputi penentuan karakteristik umum, distilasi Hempel, penentuan golongan dasar minyak bumi, distilasi True Boiling Point Wide Cut dan analisis karakteristik fraksi. Evaluasi ini biasanya dikenakan kepada minyak yang diproduksi, dipasarkan dan diekspor dan berguna untuk menetapkan harga minyak bumi.
3. Evaluasi lengkap yang meliputi penentuan karakteristik umum, distilasi Hempel, penentuan klasifikasi, distilasi true Boiling Point Wide Cut, distilasi True Boiling Point Narrow Cut serta analisis karakteristik fraksi. Evaluasi ini biasanya dikenakan kepada minyak bumi yang akan diolah serta berpotensi untuk diolah di dalam negeri.

Untuk evaluasi minyak bumi lengkap, uji rutin dalam laboratorium tidaklah cukup dan distilasi-distilasi khusus telah dikembangkan sehingga berbagai macam hasil yang mengandung dalam bahan umpan dapat dievakuasi. Selanjutnya untuk mendapatkan data yang lebih lengkap lagi biasanya digunakan pilot plant dimana proses fisika dan kimia sesuatu operasi dapat duplikatnya.

Dari evaluasi minyak bumi selanjutnya dapat diperoleh informasi mengenai:

1. Dasar dan sifat-sifat umum minyak bumi.
2. Adanya kotoran-kotoran seperti belerang, garam dan emulsi

3. Data operasi atau perancangan, terutama data destilasi TBP (*True Boiling Point*) dan EFV (*Equilibrium Flash Vaporization*).
4. Kurva sifat-sifat fraksi terhadap prosen distilasi antara lain kurve viskositas fraksi minyak pelumas, kurve angka oktan fraksi bensin, kurva titik anilin fraksi solven, kerosin atau fraksi minyak gas.
5. Produk jadi yang paling baik untuk dihasilkan.

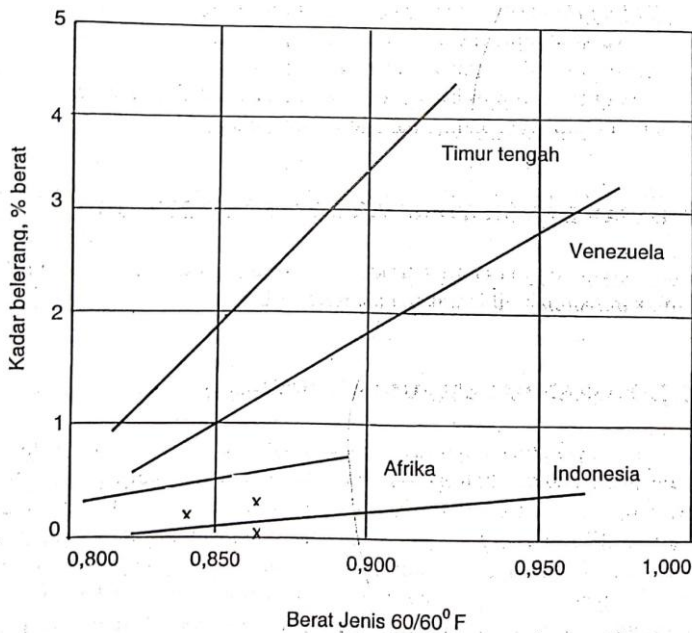
1. DASAR AND SIFAT-SIFAT UMUM MINYAK BUMI

Dasar dan sifat-sifat umum minyak bumi tidak dibicarakan di sini, karena telah dibicarakan dalam bab III.

2. KOTORAN DALAM MINYAK BUMI

Minyak mentah masam (*sour crude*) adalah minyak mentah yang mengandung hidrogen sulfide samapi sekurang-kurangnya sebanyak $0,05 \text{ ft}^3$ untuk setiap 100 gallon minyak mentah. Minyak mentah dari California, Venezuela dan Mexico mempunyai kandungan belerang yang tinggi, tetapi minyak mentah tersebut tidak dapat digolongkan sebagai minyak mentah masam, karena kandungan hidrogen sulfide dalam minyak mentah tersebut rendah dan masih di bawah batas yang telah ditentukan. Kebalikan dari minyak mentah masam adalah minyak mentah manis (*sweet crude*) dengan kandungan hidrogen sulfide kurang dai $0,05 \text{ ft}^3$ untuk setiap 100 galon minyak mentah.

Kandungan belerang untuk minyak mentah Indonesia umumnya rendah samapi sedang., kecuali beberapa minyak mentah seperti minyak mentah Bula, Lemun dan Cendrawasih. Sedangkan minyak mentah dari Venezuela dan Timur Tengah umumnya mempunyai kandungan belerang yang tinggi, hubungan anatara berat jenis dengan kandungan belerang menunjukkan bahwa pada umumnya minyak bumi dengan berat jenis yang tinggi cenderung mempunyai kadar belerang yang tinggi, tetapi kecenderungan tersebut ternyata masih tergantung kepada daerah sumbernya, seperti pada gambar 7.1 berikut.



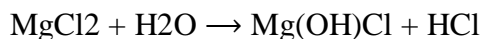
Gambar 7.1 Hubungan antara kadar belerang dengan berat jenis minyak mentah (Kontawa, "Minyak Bumi Pegklasifikasi dan Evaluasi" LEMIGAS

Garam yang terbawa bersama-sama dengan minyak mentah didalam kilang minyak yaitu garam sulfat dan bikarbonat, keduanya menjadi penyebab utama terjadinya kerak dan penyumbatan pipa-pipa pada alat-alat penukar panas dan pembentukan kokas dalam pipa-pipa dapur.

Secara teoritis banyaknya garam yang dapat terendapkan dari 10.000 bbl minyak mentah kira-kira adalah sebagai berikut:

Lb garam per 1000 bbl	Endapan yang mungkin ft^3 setiap hari
1000	29,0
100	3,0
20	0,6

Garam-garam khlorid yang terdapat dalam minyak mentah khususnya garam magnesium khlorid akan terurai karena pemanasan dan memberikan asam khlorid yang korosif, menurut reaksi sebagai berikut :



Garam yang berikut dalam minyak mentah terdapat sebagai larutan garam dalam air yang tersuspensi dalam bentuk tetes-tetes kecil atau sebagai emulsi yang stabil.

Campuran yang kurang stabil dapat dipisahkan dengan cara pengendapan yang sederhana, sedangkan campuran yang lebih stabil harus ditangani dengan menggunakan bahan kimia atau dilakukan pemisahan dengan cara listrik. Suhu tinggi juga berguna dan kebanyakan sistem pengendapan berupa tangka horizontal yang bekerja pada suhu antara 200-300°F dan tekanan antara 50-250 psi untuk mencegah kehilangan fraksi ringan dalam minyak mentah karena penguapan yang berlebihan.

3. DISTILASI TBP EFV

Untuk mendapatkan data operasi atau data perancangan disamping distilasi ASTM juga dilakukan distilasi yang lain terutama distilasi TBP atau True Boiling Point dan EFV atau Equilibrium Flash Vaporization.

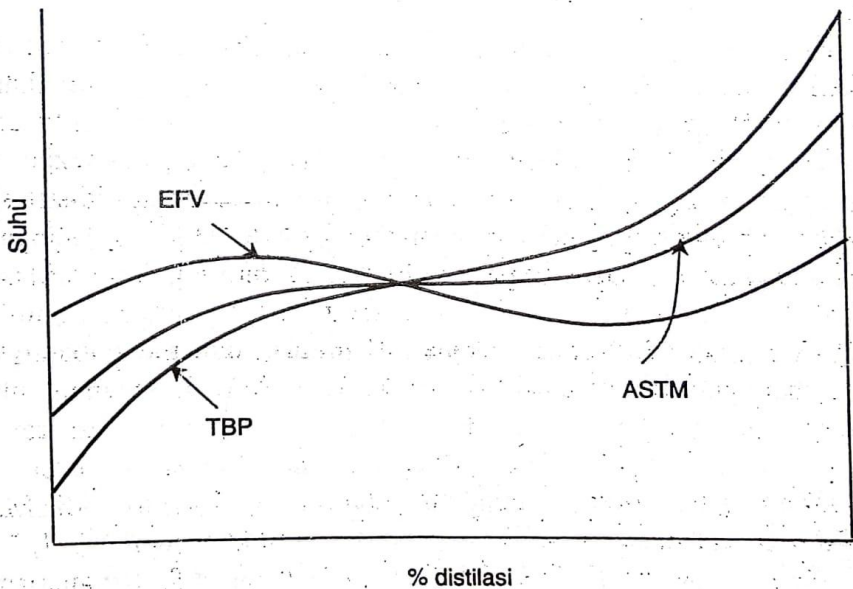
Distilasi ASTM yang kadang-kadang juga disebut distilasi Engler adalah suatu distilasi sederhana dimana cairan dididihkan dan selanjutnya uap yang terjadi dipisahkan dan diembunkan. Selama distilasi berlangsung dicatat suhu uap pada berbagai persentase distilat yang terkumpul. Distilasi ini sebenarnya distilasi tanpa refluks, namun demikian refluks dapat terjadi karena adanya panas yang hilang sekeliling, sehingga ada uap yang akan mengembun pada permukaan dingin leher labu distilasi dan akan mengalir atau menetes ke bawah di dalam labu. Karena didalam distilasi ini praktis tidak terjadi fraksionasi, maka suhu uap tidak menunjukkan titik didih bahan-bahan hidrokarbon yang sesungguhnya pada titik persen volum pada kurve distilasi.

Distilasi TBP memisahkan minyak bumi secara hampir sempurna kedalam komponen-komponennya, karena distilasi ini menggunakan sejumlah besar pelat (15 sampai 100 buah pelat seimbang) dan perbandingan refluks yang relative tinggi (perbandingan refluks 5:1 atau lebih besar), sehingga suhu pada setiap titik pada kurva persen distilasi menunjukkan titik didih bahan-bahan hidrokarbon yang sesungguhnya pada berbagai persen distilasi. Distilasi ini pada umumnya dikenakan kepada minyak mentah dan tidak

dikenakan kepada fraksi minyak bumi. Karena distilasi ini memakan ongkos mahal dan waktu lama, maka distilasi TBP bukan merupakan pekerjaan rutin dalam laboratorium.

EFV atau Equilibrium Flash Vaporization pada prinsipnya sama dengan distilasi ASTM, hanya dalam distilasi ini uap dan cairan dibuat berhubungan sampai dicapai keseimbangan pada tingkat penguapan tertentu, kemudian uap dan cairan dipisahkan. Untuk membuat kurva EFV, beberapa percobaan dilakukan dan setiap percobaan menentukan satu titik EFV dapat dilakukan dengan tekanan atmosfer dan tekanan hampa, penentuan kurva EFV dengan percobaan adalah pekerjaan yang mahal dan memakan waktu yang lama, sehingga EFV bukanlah merupakan pekerjaan rutin dalam laboratorium.

Untuk memperoleh gambaran mengenai bentuk kurva distilasi ASTM, TBP dan EFV sesuatu fraksi minyak bumi, maka ketiganya bersama-sama dilukiskan pada gambar 7.2, dimana distilasi TBP ternyata mempunyai lereng kurva yang terbesar, distilasi ASTM mempunyai lereng kurva yang sedang, sedangkan EFV mempunyai lereng kurva yang terkecil.



Gambar 7.2 Kurva distilasi ASTM, TBP dan EFV

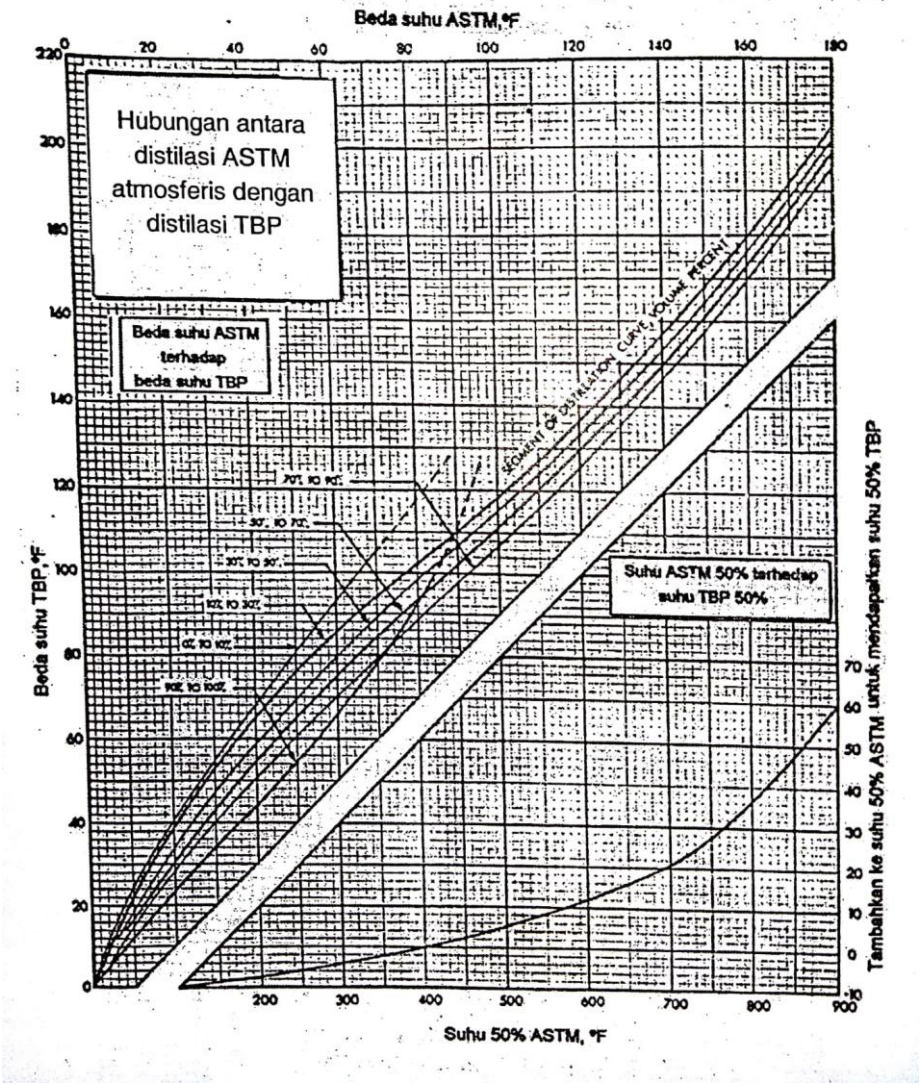
4. KORELASI ANTARA KURVA DISTILASI ASTM, TBP DAN EFV

Telah banyak usaha dilakukan untuk mendapatkan korelasi antara kurva suatu distilasi dengan kurva distilasi yang lain, seperti yang telah dilakukan oleh Nelson, Harvey, Packie, Edmister dan Van Winkle. Walaupun korelasi hanyalah merupakan pendekatan saja, tetapi ternyata bahwa korelasi tersebut sangat berguna di dalam praktek karena dengan cepat dapat diperoleh hubungan antara sebuah kurva distilasi dengan kurve distilasi yang lain tanpa harus melakukan percobaan yang memakan waktu lama dan biaya yang mahal.

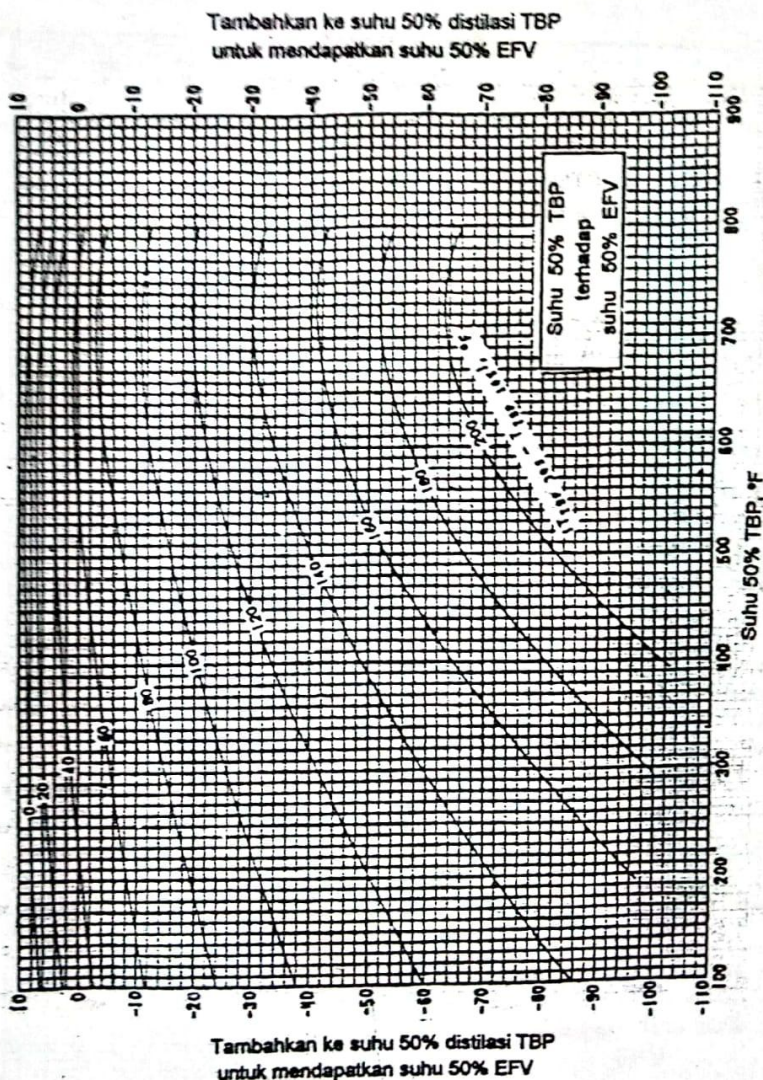
5. KORELASI MENURUT EDMISTER

Di antara korelasi-korelasi yang telah diajukan ternyata bahwa korelasi menurut Edmister adalah yang paling banyak digunakan dalam praktek, korelasi ini memberikan cara-cara untuk menentukan kurva EFV dari data distilasi TBP dan ASTM, baik pada tekanan atmosfer maupun pada tekanan hampa. Kalau minyak berat didistilasi di dalam laboratorium untuk menentukan karakteristik distilasinya, maka digunakan distilasi hampa tipe Engler 10 mm Hg dan distilasi TBP 10 mm Hg. Dalam hal ini Edmister memberikan suatu cara untuk menentukan kurva EFV pada tekanan 10 mmHg dan mengubahnya dengan menggunakan korelasi empiris kurva EFV pada tekanan sub atmosfer yang diinginkan. Edmister juga memberikan suatu cara untuk menentukan kurva EFV pada tekanan diatas tekanan atmosfer.

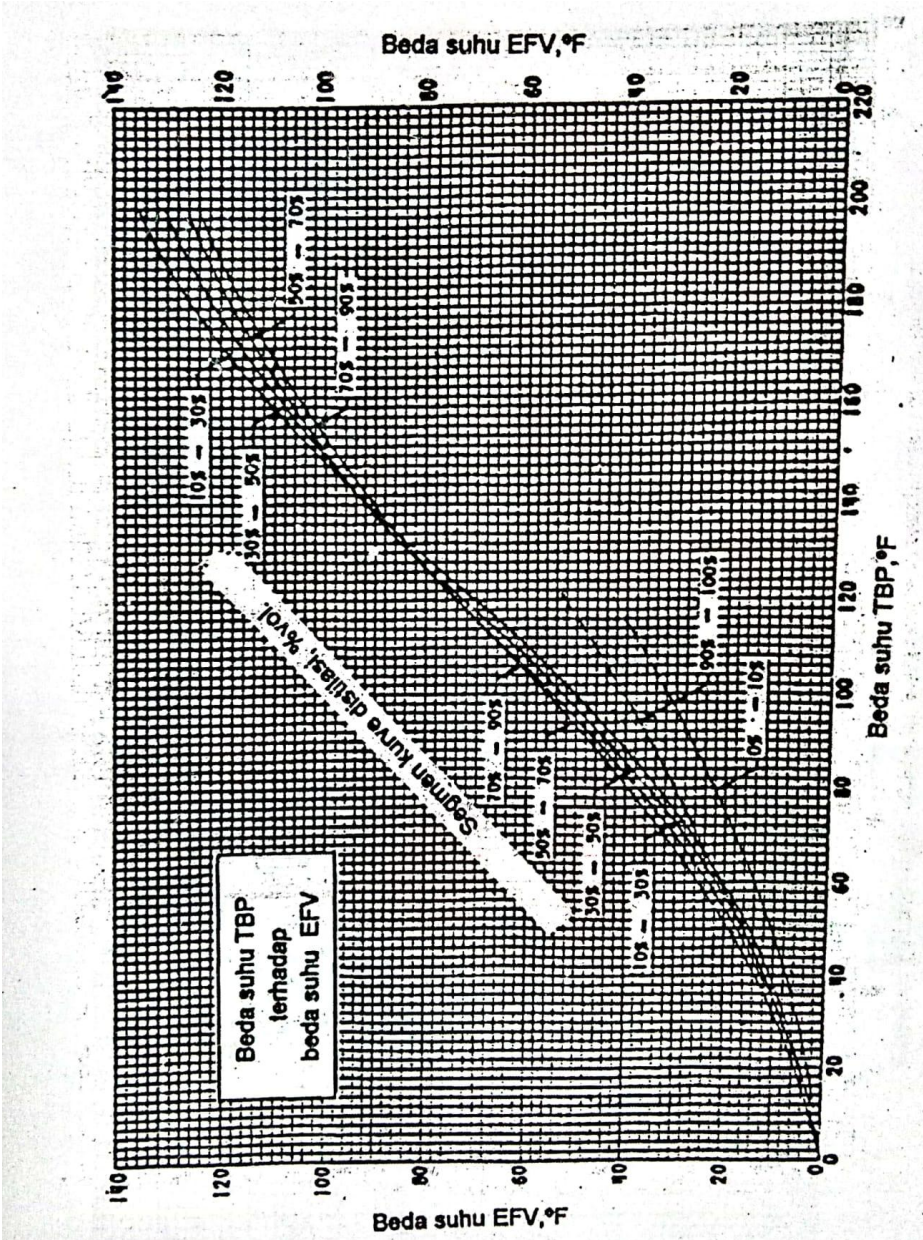
Untuk mendapatkan hubungan antara kurva distilasi ASTM, TBP, EFV pada tekanan atmosfer dapat digunakan gambar 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 dan 7.7. korelasi ini didasarkan pada suhu 50% penguapan sebagai titik dasar pada kurva-kurva distilasi ASTM, TBP dan EFV. Selanjutnya dengan korelasi beda suhu untuk segmen-segmen kurve dapatlah diselesaikan seluruh kurve distilasi. Korelasi antara kurve distilasi ASTM, TBP dan EFV untuk tekanan bukan tekanan atmosfer, dapat dilihat pada buku "Applied Hydrocarbon Thermodynamics" karangan W.C. Edmister.



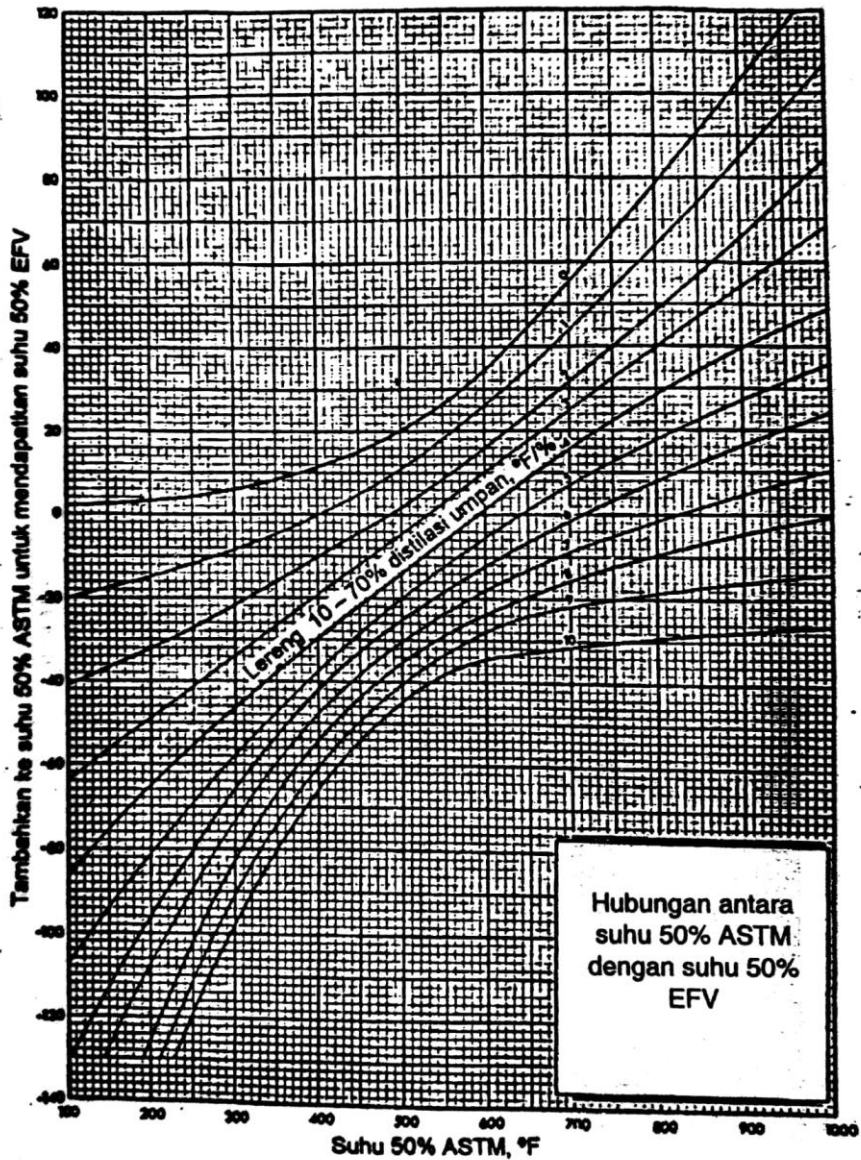
Gambar 7.3 Hubungan antara distilasi ASTM atmosferis dengan distilasi TBP (Admister, "Applied Hydrocarbon Therodynamics", Gulf)



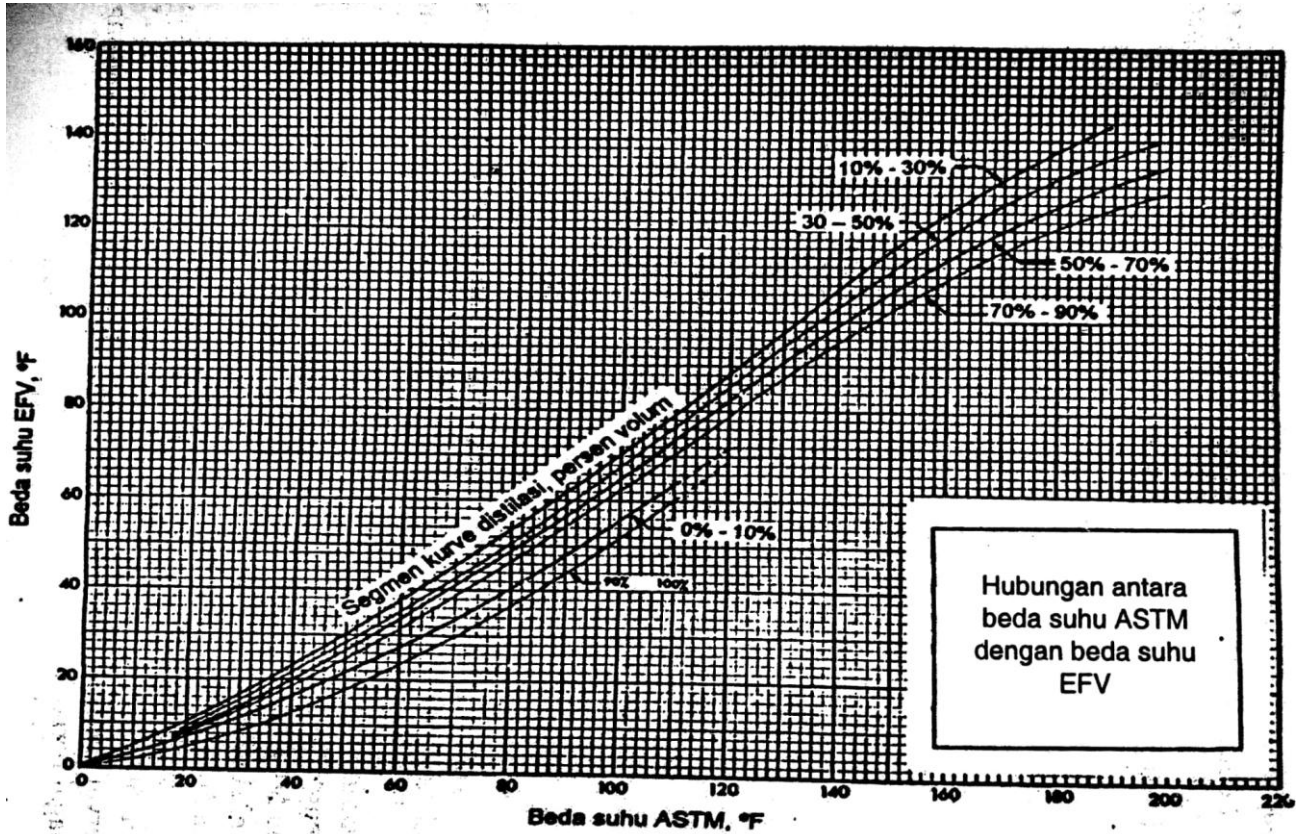
Gambar 7.4 Hubungan antara suhu 50% distilasi TBP dengan suhu 50% distilasi EFV (Edmister, "Applied Hydrocarbon Therodynamics", Gulf)



Gambar 7.5 Hubungan antara beda suhu distilasi TBP dengan beda suhu distilasi EFV (Edmister,"Applied Hydrocarbon Therodynamics", Gulf)



Gambar 7.6 Hubungan antara suhu 50% ASTM dengan suhu 50% EFV (Edmister, "Applied Hydrocarbon Thermodynamics", Gulf)



Gambar 7.7 Hubungan antara beda suhu ASTM dengan beda suhu EFV
(Edmister, "Applied Hydrocarbon Therodynamics", Gulf)

Contoh 1

Sebuah bahan bakar minyak dengan gravitas 60° API dan yang diolah menjadi bahan bakar jet mempunyai distilasi ASTM pada tekanan atmosfer (ASTM D 86) saebagai berikut:

% Distilasi	Suhu °
IBP	95
5	125
10	150
20	210
30	255
40	290
50	330
60	370
70	410
80	455
90	510
95	580
EP	597

Tentukan kurva EFV pada tekanan atmosfer dengan metode Edmister.

Jawaban:

Lereng distilasi ASTM 10 -70% = $(410 - 150)/60 = 4,3^\circ \text{ F}/\%$

Suhu 50% distilasi ASTM = 330° F

Koreksi suhu = -44° F (gambar 7.6)

Suhu 50% EFV = $330 - 44 = 286^\circ \text{ F}$

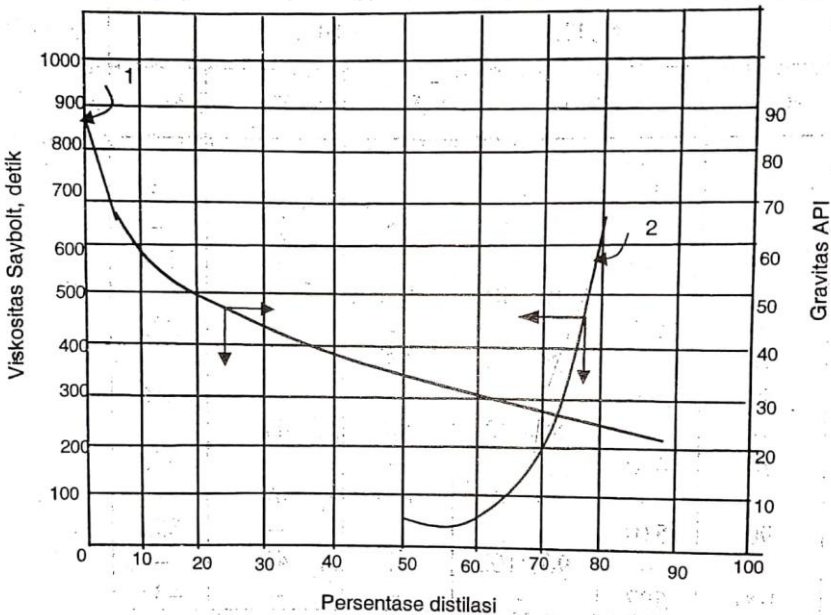
Selanjutnya penyelesaian dengan sistem tebal dengan dasar suhu 50% EFV dan harga beda suhu pada berbagai segemen atau interval persen ditilasi, maka akan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

ASTM		EFV			
% dist	t° F	Interval	$\Delta t^\circ \text{ F}$	$\Delta t^\circ \text{ F}$	t° F
0					
	95	-	-	-	139
-	-	10 - 30	55	25	-
10	150	-	-	-	164

-	-	10 -30	105	75	-
30	225	-	-	-	239
-	-	30 -50	75	47	-
50	330	-	-	-	286
-	-	50 - 70	80	47	-
70	410	-	-	-	333
-	-	70 - 90	100	62	-
90	510	-	-	-	395
-	-	90 - 100	87	42	-
100	597	-	-	-	437

6. KURVA PERSEN TENGAHAN

Karena minyak bumi terdiri dari bermacam-macam senyawa hidrokarbon dari senyawa hidrokarbon yang ringan sampai senyawa hidrokarbon yang berat, maka sifat-sifat fisis seperti berat jenis, warna, viskositas dan lain-lainnya dari setiap tetes atau fraksi distilasi akan berbeda-beda. Kecepatan perubahan sifat-sifat fisis fraksi minyak bumi dari tetes ke tetes berikutnya dapat diikuti dengan kurva persen tengahan, seperti dalam gambar 7.8.



Gambar 7.8 Kurve persen tengahan. 1. Persen tengahan gravitas; 2. Persen tengahan viskositas pada 100°F

Didalam kenyataannya, gravitas API ataupun viskositas suatu fraksi merupakan sifat rerata dari tetes-tetes yang membentuk fraksi tersebut. Kalau anatra sebuah tetes dengan tetes berikutnya terdapat perbedaan sifat yang sama, maka tetes yang diperoleh tepat pada tengah-tengah fraksi akan mempunyai sifat yang sama dengan sifat rerata semua tes. Dalam hal ini maka kurva persen tengahan akan berupa garis lurus. Kurva persen tengahan tidak pernah berupa garis lurus, kecuali untuk suatu daerah yang sempit, dimana sifat reratanya adalah sama dengan sifat fraksi titik tengahan. Harga rerata aritmetis sifat fraksi-fraksi kecil ini merupakan sifat fraksi total atau malahan merupakan sifat contoh seluruhnya.

Mengambil harga rerata aritmetis sifat-sifat fraksi sebagai sifat fraksi keseluruhan atau sifat contoh keseluruhan tidak dapat dilakukan kalau sifat-sifat tidak aditif. Sebagai contoh misalnya berat jenis adalah besaran yang bersifat aditif. Kalau minyak yang mempunyai berat jenis 0,8 dicampur dengan minyak mempunyai berat jenis 0,9, keduanya mempunyai volum yang sama maka campurannya mempunyai berat jenis 0,85. Besaran lain yang bersifat aditif misalnya titik amylin, persen belerang, perbandingan hidrogen- karbon, titik didih distilasi TBP dan tekanan uap yang didasarkan pada persen mole. Sedangkan sifat-sifat yang tidak aditif di antaranya ialah kekentalan, gravitas API, warna dan titik nyala.

7. EVALUASI PRODUK

Dalam membicarakan evaluasi produk akan dibahas beberapa cara memperkirakan sifat-sifat produk. Walaupun kurang tepat, namun cara-cara tersebut dapat digunakan oleh perancangan untuk memutuskan operasi yang akan diusulkan atau untuk pembuatan perancangan yang sederhana sebelum melibatkan biaya yang besar untuk keperluan uji laboratorium.

7.1 Belerang dalam produk

Banyaknya belerang yang terdapat dalam produk langsung (straight run) mempunyai hubungan dengan banyaknya belerang yang terdapat dalam minyak mentah induk, seperti terlihat dalam gambar 7.9, 7.10 dan 7.11, masing-masing untuk minyak mentah dari wilayah Amerika Serikat, Venezuela dan Timur Tengah. Kandungan belerang

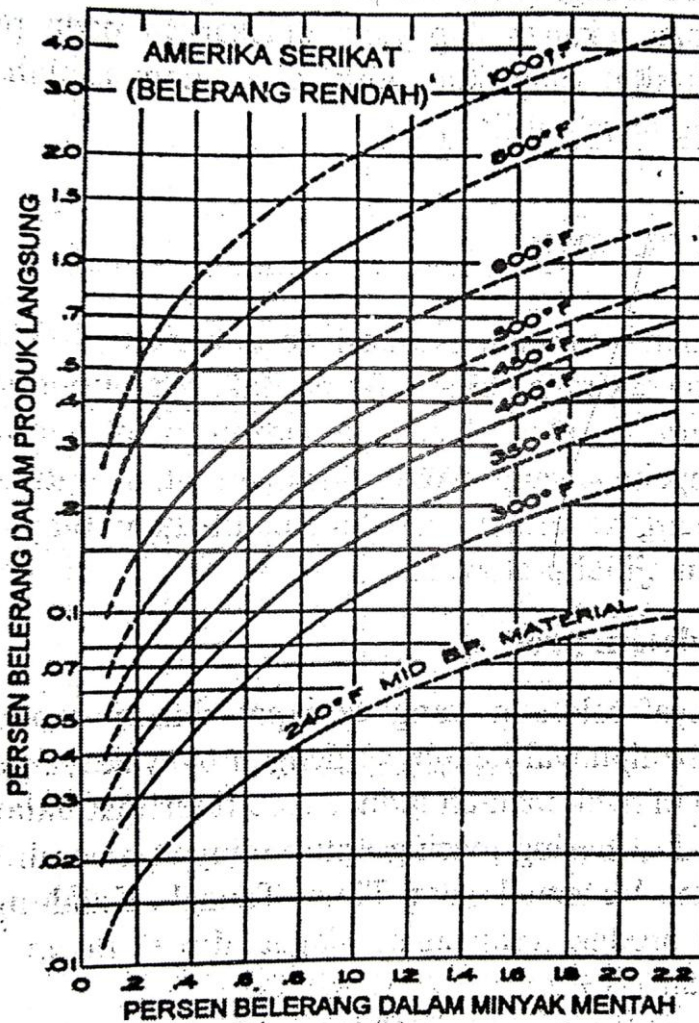
rerata dalam produk rengkahan dapat diperkirakan berdasarkan gambar 7.12 dan 7.13.

7.2 Titik nyala

Hubungan antara titik nyala dengan daerah didih dari 0% sampai 10% dalam °F adalah sebagai berikut:

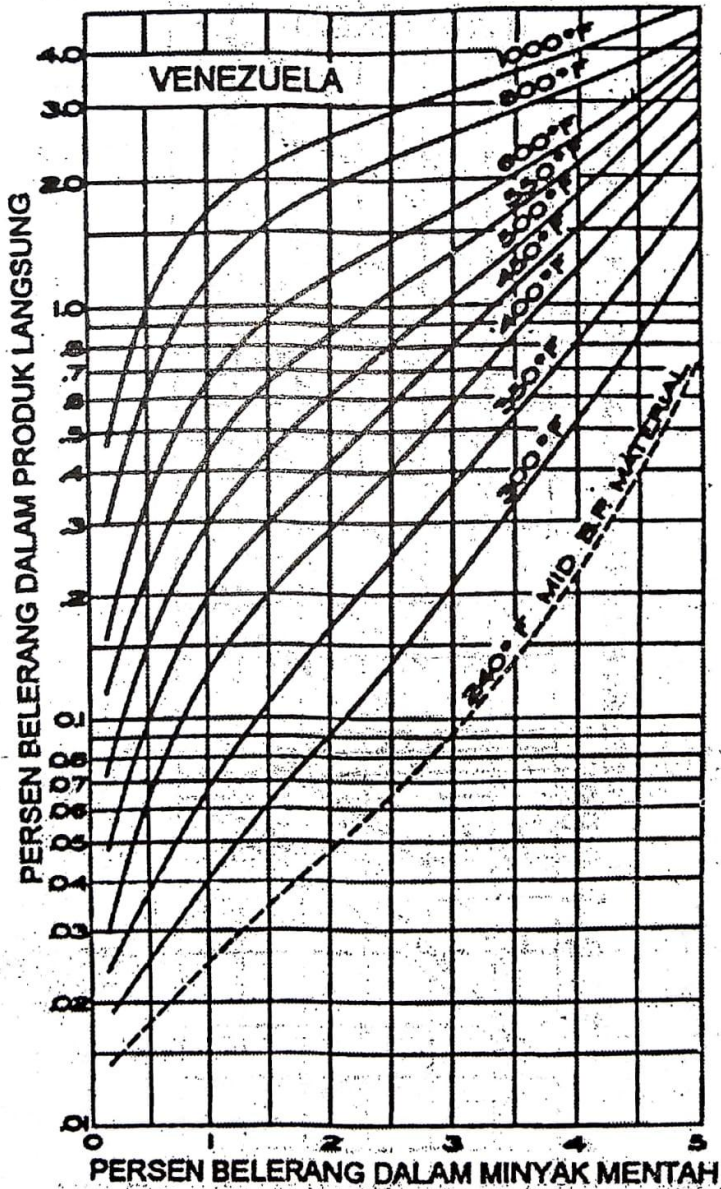
Untuk fraksi distilat = 0,64 T-100

Untuk minyak mentah = 0,57 T-110



Gambar 7.9 Persentase kadar belerang dalam produk langsung sebagai fungsi persentase kadar belerang dalam minyak mentah dari Amerika Serikat (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)

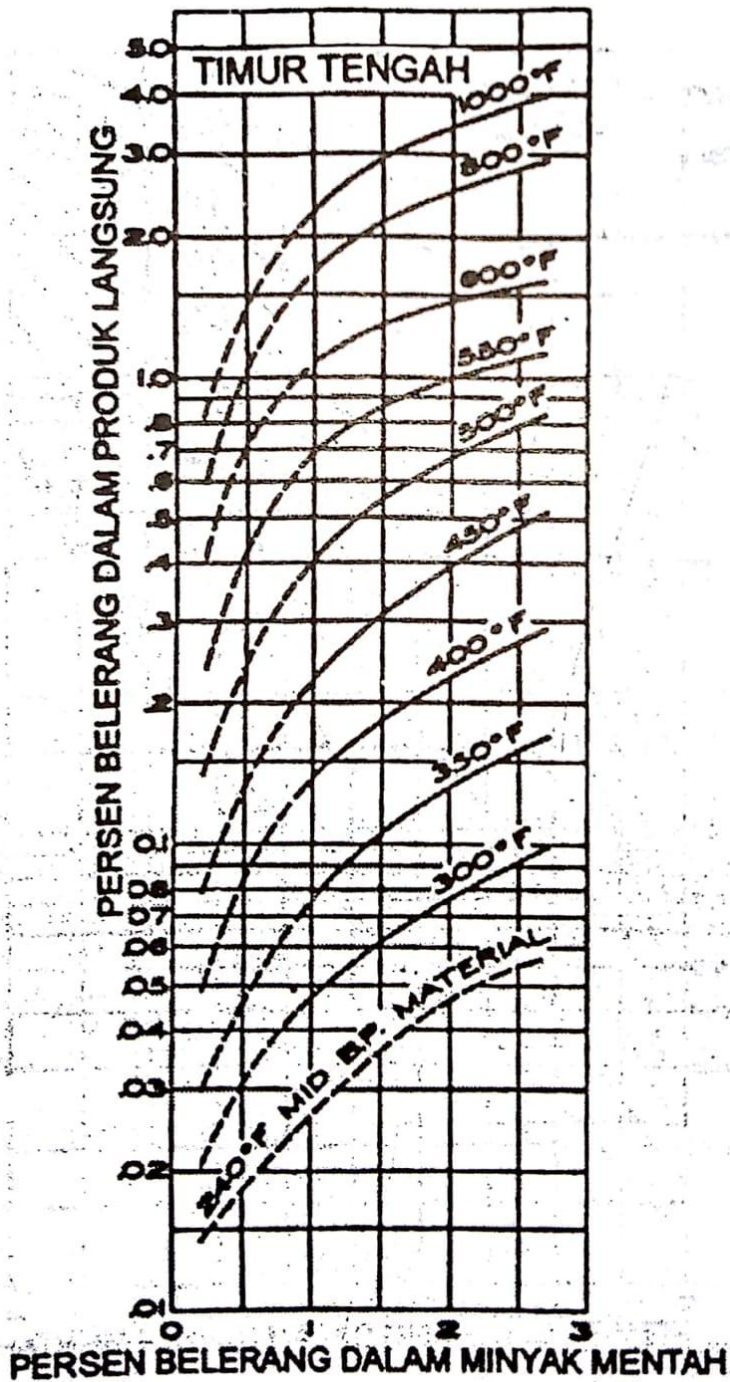
Titik nyala suatu campuran bukan merupakan fungsi linier titik nyala komponen-komponennya, tetapi hubungannya dapat ditunjukkan dengan gambar 7.14. ketinggian tempat sedikit menurunkan titik nyala, sebaliknya tekanan akan menaikkan titik nyala.



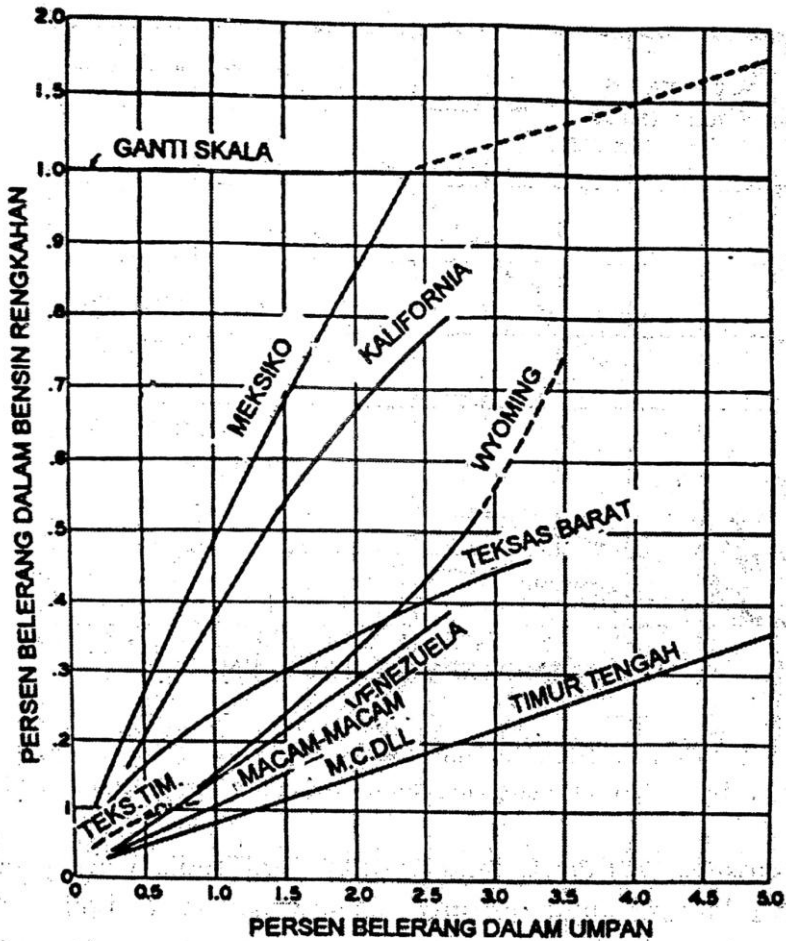
Gambar 7.10 Persentase kadar belerang dalam prduk langsung sebagai fungsi dari persentase kadar belerang dalam minyak mentah dari Venezuela (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill)

7.3 TEKANAN UAP

Tidak ada cara pintas untuk menentukan atau memperkirakan tekanan uap, kecuali untuk bensin. Tekanan uap Reid bensin dalam daerah RVP psi harganya kira-kira sama dengan atau sedikit lebih tinggi dari persenasi butan dan bensin. Misalnya bensin dengan RVP 8 psia mengandung kira-kira 6,6% butan dan bensin dengan RVP 12-14 psi mengandung kira-kira 14%.



Gambar 7.11 Persentase kadar belerang dalam produk langsung sebagai fungsi dari persentase kadar belerang dalam minyak mentah dari Timur Tengah (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)

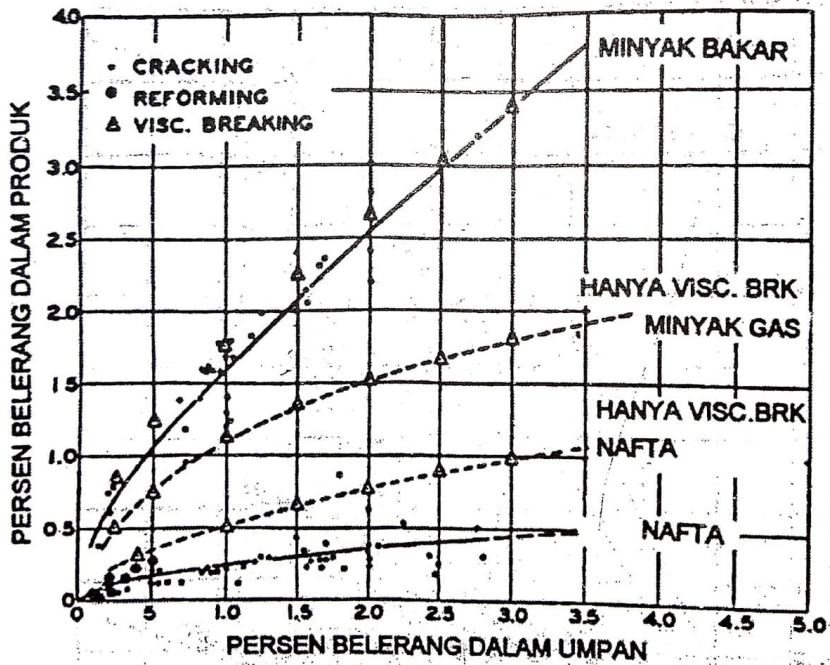


Gambar 7.12 Persentase belerang dalam bensin rengkahan terhadap persentase belerang untuk berbagai umpan (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)

7.4 VISKOSITAS

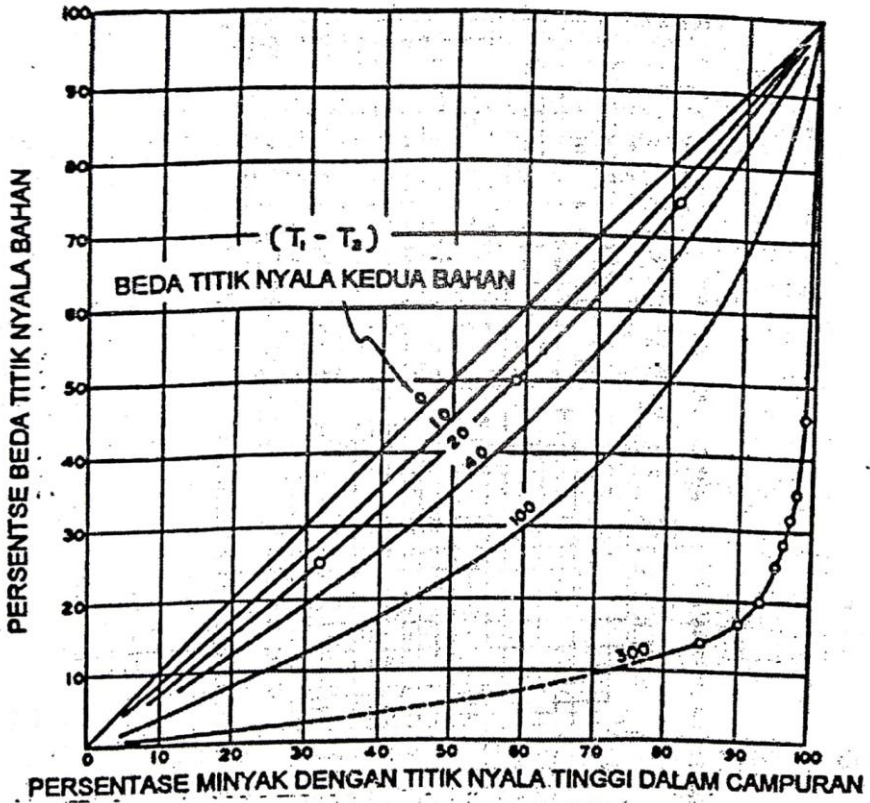
Viskositas tidak bersifat aditif, sehingga apabila minyak yang mempunyai viskositas Saybolt Universal 500 detik dicampur dengan minyak yang mempunyai viskositas Saybolt Universal 100 detik dengan volum yang sama, maka minyak campurannya tidak mempunyai viskositas 300 detik, tetapi sekitar 200 detik. Cara yang pada umumnya diterima untuk memperikarakan viskostas campuran minyak ialah cara ASTM, dengan menggunakan diagram viskositas-campuran tipe ASTM(gambar 7.15). Dalam hal ini kedua bahan minyak yang dicampur harus mempunyai suhu yang sama. Cara ASTM hanya teliti

apabila minyak-minyak yang dicampur mempunyai indeks viskositas yang serupa.

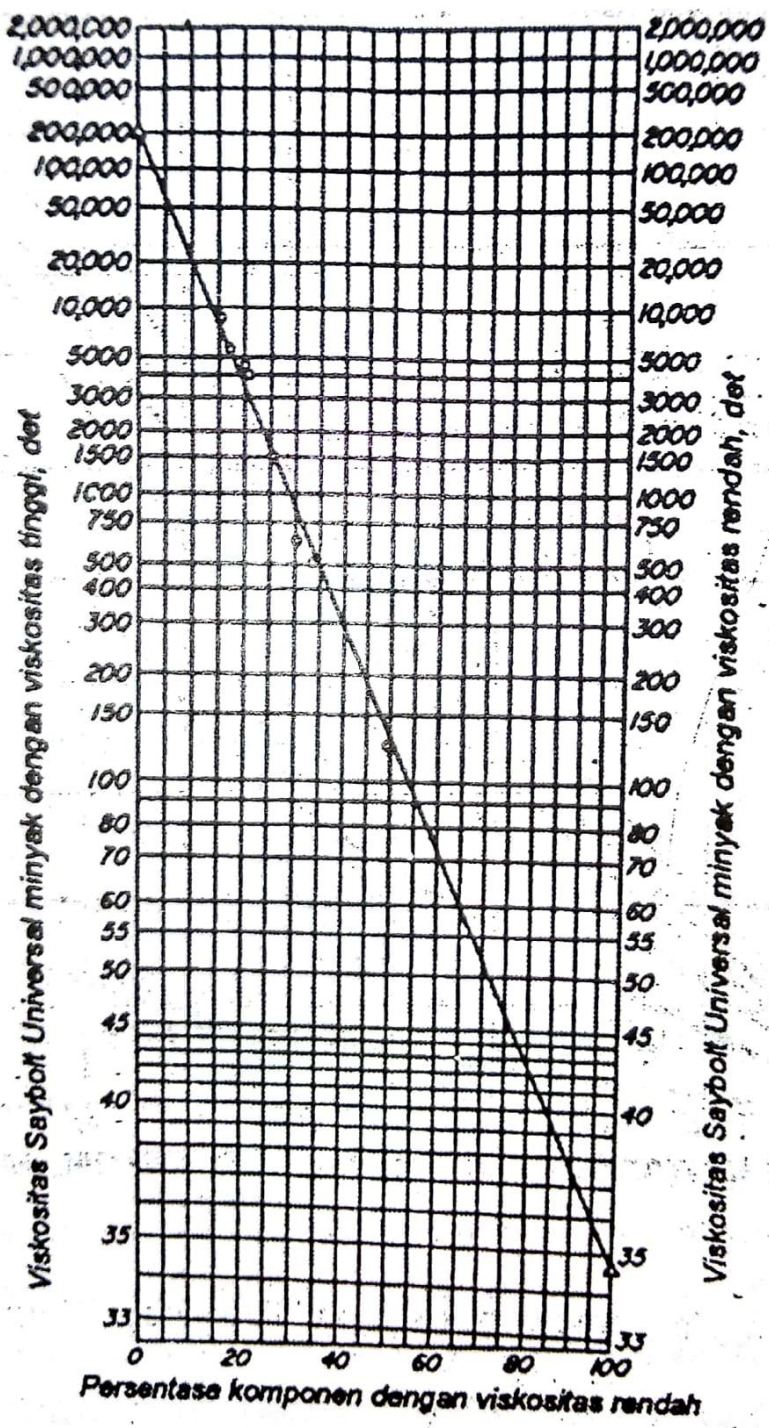


Gambar 7.13 Kadar belerang dalam produk yang didapat dari rengkahan termal umpan Texas Barat (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)

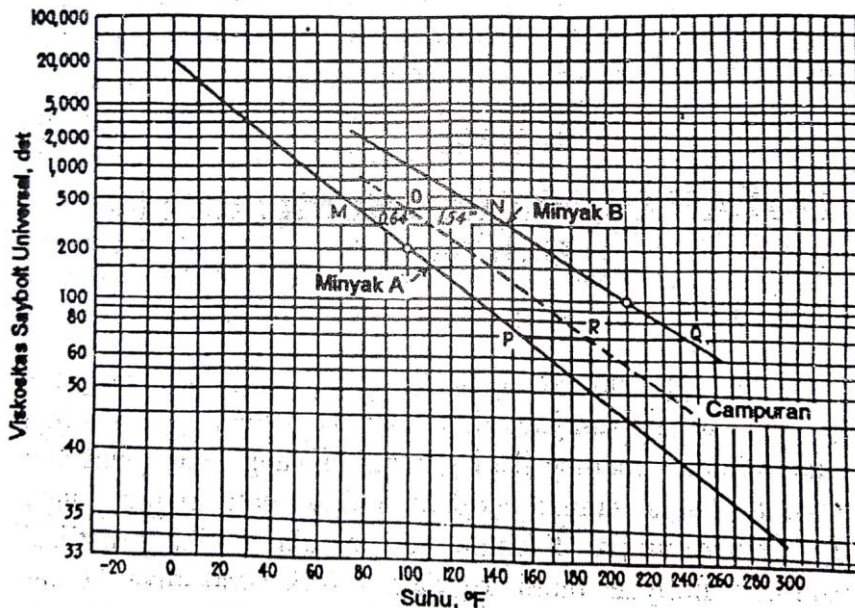
Cara lain yang lebih baik ialah cara Wright, yang menggunakan diagram viskositas ASTM. Kurva viskositas kedua macam minyak diluksikan pada diagram standard berdasarkan data-data eksperimental. Jarak horizontal garis yang mempunyai viskositas yang sama dengan campuran yang diinginkan diukur dan digunakan untuk menentukan persentase masing-masing minyak yang akan digunakan dalam campuran.



Gambar 7.14 Titik nyala campuran (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)



Gambar 7.15 Diagram viskositas campuran tipe ASTM (Nelson, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)



Gamabr 7.16 Viskositas campuran minyak (Nelson,"Petroleum Refinery Engineering", McGraw Hill)

Berdasarkan gambar 7.16, maka:

$$\text{Persentase minyak B} = 100 \frac{MO}{MN}$$

Disamping itu garis viskositas-suhu campuran akan terletak diantara garis-garis kedua minyak yang dicampur sedemikian sehingga:

$$\frac{MO}{MN} = \frac{PR}{PQ} = \text{dst}$$

Contoh 2:

Sebuah minyak yang mempunyai viskositas yang tinggi (B) 100detik kekentalan Saybolt Universal pada 210° F dicampur dengan minyak yang mempunyai viskositas yang rendah (A) 200 detik kekentalan Saybolt Universal pada 100° F supaya campurannya mempunyai viskositas 400detik pada suhu 100°F.

Tentukan persentase masing-masing untuk membuat campuran tersebut.

Jawaban:

Berdasarkan gambar 7.16 persentase minyak B yang digunakan dalam campuran diperoleh dengan mengukur panjang garis pada garis viskositas 400

$$100 \frac{MO}{Mn} = \frac{100 \times 0,64}{1,54} = 41,5\%$$

Indeks viskositas tidak bersifat aditif, dan indeks viskositas campuran dapat diperkirakan dengan melukiskan garis suhu kedua komponen dan menarik garis suhu campuran. Pada contoh di atas, minyak A dengan indeks viskositas 73,5 dan minyak B dengan indeks viskositas 113, campurannya yang mengandung 41,5% minyak B mempunyai indeks viskositas 97. Kalau indeks viskositas bersifat aditif, campurannya akan mempunyai indeks viskositas 89,8.

BAB VIII

PENGOLAHAN MINYAK BUMI SECARA UMUM

Karena sifat-sifat minyak mentah sangat bervariasi dan jenis produk yang dapat dihasilkan juga dapat sangat banyak, maka istilah kilang minyak tidakla memberikan gambaran yang jelas mengenai operasi-operasi apa saja yang dilakukan oleh sesuatu kilang. Suatu operasi yang tentu dijumpai di dalam semua kilang adalah distilasi yang memisahkan minyak bumi ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan daerah didihnya. Operasi lainnya dapat sedikit atau banyak jumlahnya, dapat sederhana tau kompleks, tergantung kepada produk-produk yang akan dibuat. Oleh karena itu dapatlah dikatakan, bahwa tidak ada dua buah kilang minyak yang mempunyai skema proses pengolaha yang sama. Dalam kenyataannya kilang minyak terdiri dari unit-unit atau pabrik manufaktur yang berbeda, karena unit-unit tersebut mengolah bahan minyak yang berbeda dan menghasilkan produk-produk yang berbeda pula. Makin kompleks kilang minyak atau makin beragam unit yang ada di dalam kilang, dipasakan dapat diubah ke dalam produk yang dapat dipasarkan. Adanya produk yang tidak dapat dipasarkan akan menyebabkan tangka produk pada suatu saat akan menjadi penuh, sehingga operasi kilang terpakssa harus dihentikan.

1. PENGOLAHAN SECARA UMUM

Suatu cara yang paling penting untuk memisahkan minyak mntah ke dalam fraksi-fraksinya ialah distilasi. Sifat-sifat fraksi tergantung kepada komposisi minyak mentah dan tergantung kepada tipe produk jadi yang diinginkan. Minyak menrah mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon. Minyak mentah mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon yang tidak semuanya cocok untuk semua produk yang diinginkan. Misalnya adanya aromatis di dalam fraksi kerosin atau fraksi minyak gas menyebabkan muru kerosin atau bahan bakar diesel yang dihasilkan dari distilasi langsung minyak mentah tidak baik. Sebaliknya adanya aromatis dalam fraksi bensin dalam minyak mentah, menyebabkan mutu bensin langsung (*straight run gasoline*) baik.

Adapun fraksi-fraksi yang biasanya dapat diperoleh dari minyak mentah, daerah didihnya dan penggunaannya adalah sebagai berikut:

Bahan bakar gas	-259 sampai -44° F	Metan, etan dan sedikit propan. Untuk bahan bakar kilang.
Propan	-44° F	Elpiji
Butan	31° F	Dicampur dengan bensin untuk menaikkan volatilitas bensin.
Nafta ringan	30 sampai 300° F	Komponen bensin motor
Nafta berat	300 sampai 400° F	umpan reformer katalitik. Dicampur dengan minyak gas ringan untuk membuat bahan bakar jet.
Kerosin	400 sampai 500° F	Bahan bakar kerosin
Minyak tungku	400 sampai 550° F	Sama dengan kerosin, tetapi dengan titik didih akhir yang lebih tinggi.
Minyak gas ringan	400 sampai 600° F	untuk bahan bakar dapur dan bahan bakar diesel; dapat dicampur dengan minyak tungku untuk menurunkan titik tuang.
Minyak gas berat	600 sampai 800° F	Dapat dicampur dengan minyak gas hampa sebagai umpan untuk rengkahan katalis
Minyak gas hampa	800 sampai 1100° F	Umpan untuk unit rengkahan katalitis.
Residu pendek	1100+° F	untuk minyak bakar berat. Dapat dibuat aspal

Kerosin minyak tungku dan mintak gas ringan bersama-sama disebut distilat tengahan. Fraksi-fraksi sampai minyak gas berat diperoleh dengan jalan distilasi pada tekanan atmosfer, sedangkan minyak gas hampa dan residu pendek diperoleh dengan jalan distilasi hampa.

Pada umumnya, tidak ada fraksi-fraksi atau gabungan fraksi-fraksi yang diperoleh dari pemisahan minyak mentah yang begitu saja

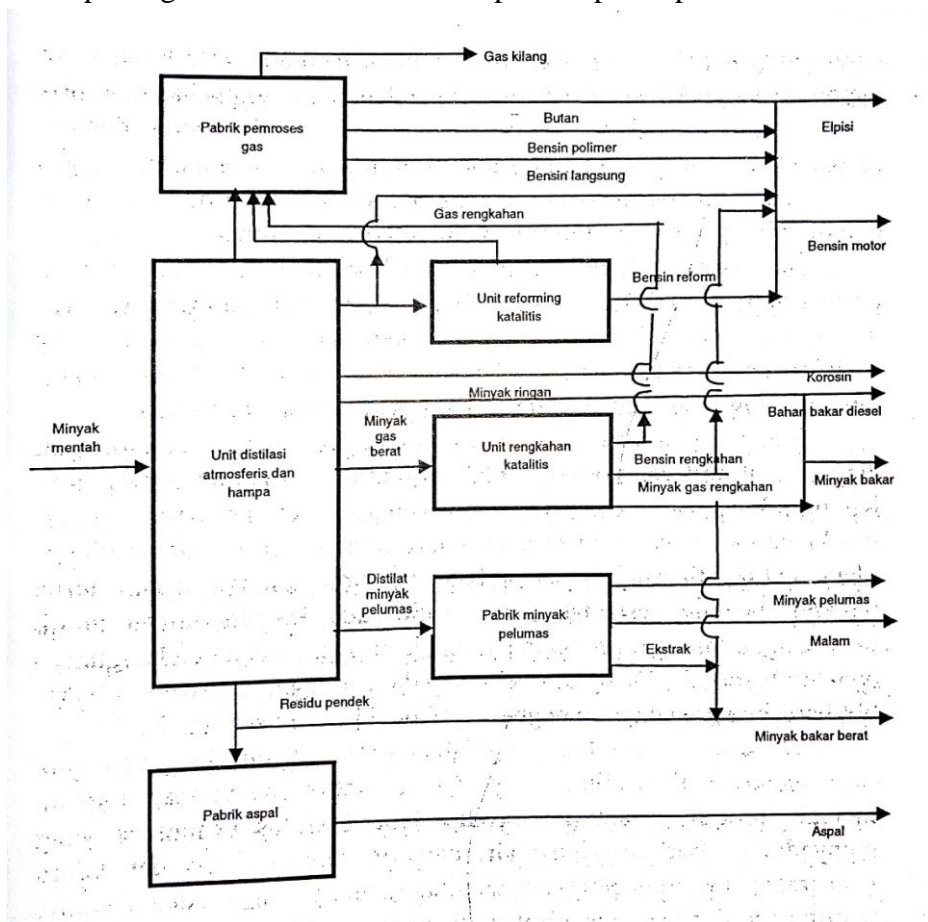
digunakan sebagai produk minyak bumi. Masing-masing biasanya masih harus mengalami perlakuan (*treating*) lebih lanjut yang berbeda-beda tergantung kepada kotoran-kotoran yang ada dalam fraksi dan sifat-sifat yang diinginkan dalam produk jadi. Perlakuan yang paling sederhana terhadap fraksi ialah pencucian soda untuk menghilangkan senyawa belerang. Sedangkan serangkaian perlakuan yang kompleks adalah perlakuan pelarut (*solvent treating*), pengawakan malam dengan pelarut (*solvent dewaxing*), perlakuan lempung (*clay treating*) dan perlakuan hidro (*hydrotreating*) serta pencampuran (*blending*) untuk menghasilkan misalnya minyak pelumas.

Diantara proses-proses yang kompleks adalah proses-proses yang berhubungan dengan pembuatan bensin motor. Didalam minyak mentah hanya ada sedikit komponen yang cocok untuk dibuat bensin motor modern. Untuk ini maka kilang minyak harus mempunyai unit-unit yang dapat mengubah fraksi-fraksi menjadi komponen bensin motor yang baik. Di antaranya ialah unit reforming dan unit rengkahan katalitis. Unit reforming katalitis akan mengubah nafta berat yang mempunyai angka oktan rendah menjadi nafta berat yang mempunyai angka oktan tinggi. Sedangkan unit rengkahan katalitis akan mengubah fraksi minyak gas menjadi bensin motor dengan angka oktan tinggi, unit rengkahan katalitis akan menghasilkan gas yang kaya akan olefin, yang selanjutnya dapat dipolimerisasikan di dalam unit polimerisasi katalitis menjadi bensin polimer.

Bagaimana minyak mentah diubah menjadi berbagai macam produk dapat ditunjukkan dengan diagram alir pada gambar 8.1. perlu dikemukakan di sini, bahwa tidak ada skema proses pengolahan yang berlaku umum untuk semua kilang minyak karena tidak ada kilang minyak yang mempunyai skema proses pengolahan yang sama.

Sampai kira-kira tahun 1950, semua kilang minyak dibangun dengan unit-unit yang bekerja tidak tergantung satu dengan yang lain. Kilang-kilang yang demikian memerlukan sejumlah besar tangki-tangki untuk menyimpan produk antara dan setiap unit dapat dihentikan untuk diperbaiki, sedangkan unit-unit lainnya masih terus bekerja. Namun sesudah tahun 1950, ada kecenderungan untuk membangun kilang terintegrasi, yang biaya operasi dan pembangunannya lebih murah. Di dalam sebuah kilang dengan kapasitas 60.000 bbl/hari, integrasi dapat menghemat biaya kira-kira sebesar 23%.

Di samping instalasi pengolahan yang lengkap, kilang minyak juga mempunyai fasilitas tangka-tangki untuk menyimpan minyak mentah, produk antara dan produk jadi; fasilitas penunjang yang menyediakan berbagai jenis air, uap air, tenaga listrik dan udara instrumen; fasilitas bengkel; fasilitas gudang untuk suku cadang; fasilitas untuk penanganan limbah dan fasilitas pencampuran produk.

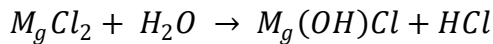


Gambar 8.1 Diagram alir sebuah kilang minyak

2. PRAPERLAKUAN MINYAK MENTAH

Pada pengolahan minyak bumi dalam kilang minyak, unit destilasi atmosferis minyak mentah pada umumnya dapat dipandang sebagai pintu gerbangnya. Namun demikian karena minyak mentah selalu terkotori oleh air garam yang berasal dari sumur, sehingga air garam ini perlu dihilangkan. Minyak mentah yang berasal dari lapangan minyak, dapat mengandung sejumlah besar garam, maksimum sampai sekitar 0,1% berat atau sekitar 300 lb/1000 barel minyak mentah.

Apabila minyak ini tidak dihilangkan atau kandungannya diturunkan sampai batas-batas yang diperkenankan, yaitu sekitar 5 lb/1000 barel minyak mentah, maka peralatan pengolahan yang terbuat dari baja dapat mengalami korosi. Sedangkan garam khlorid, khususnya magnesium khlorid akan mengalami hidrolisa apabila mendapat pemanasan dan menghasilkan hidrogen khlorid bebas yang apabila bertemu dengan air akan membentuk asam khlorid yang korosif menurut reaksi:



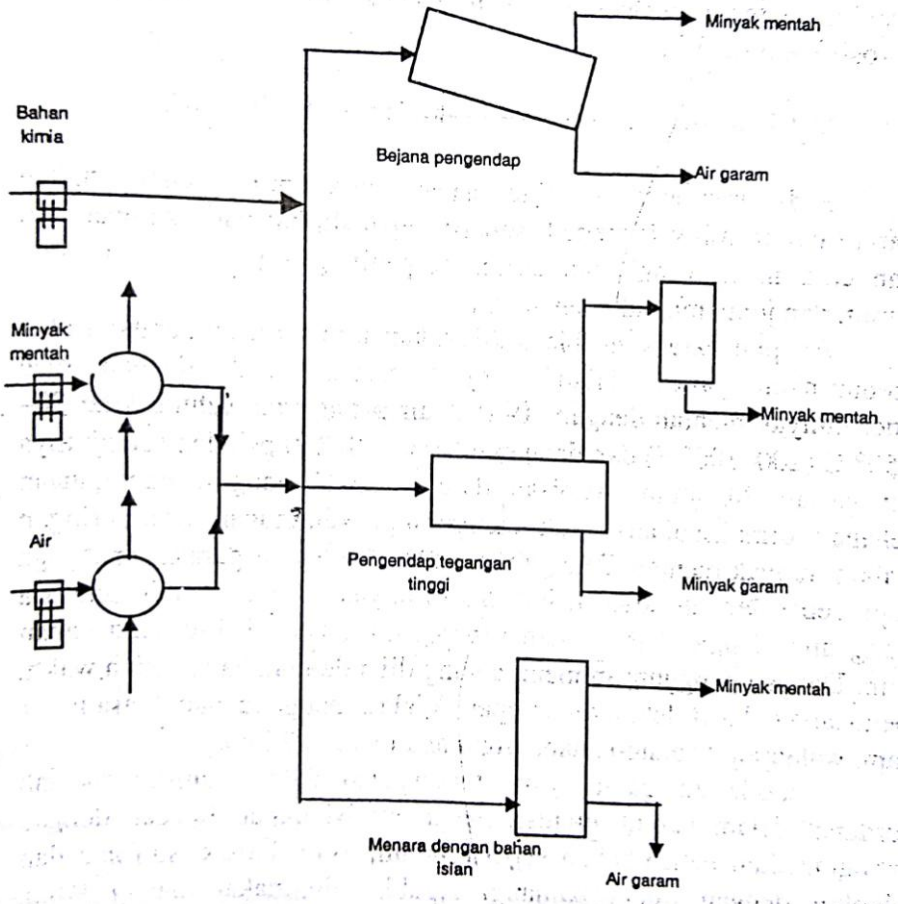
Pada umumnya ada tiga macam cara untuk menghilangkan garam dalam minyak mentah seperti dapat dilihat pada gambar 8.2, dan cara mana yang akan dipilih tergantung kepada tipe disperi garam dan jenis minyak mentahnya.

Adapun cara yang biasa dilakukan untuk menghilangkan atau menurunkan garam dalam minyak mentah ialah dengan mencuci minyak mentah dengan 10-15% air panas pada suhu sekitar 90-150° C (200-300° F) dan dengan tekanan 50-250 psi, dan selanjutnya air garam dibiarkan memisah dalam sebuah tangka. Penggunaan tekanan dimaksudkan untuk mengurangi kehilangan fraksi ringan dalam minyak mentah. Penggabungan tetes-tetes air garam dapat juuga dipercepat dengan jalan melewatkan minyak mentah melalui menara yang diisi dengan bahan isian seperti pasir, kerikil, ijuk atau bahan lain. Dengan penggunaan menara yang diisi dengan bahan isian waktu pemisahan dapat lebih dipercepat. Waktu pengendapan biasanya 1 jam, walaupun kadang-kadang digunakan waktu 2 jam.

Apabila air garam yang tersuspensi dalam minyak mentah terdapat dalam bentuk emulsi, maka emulsi dapat dipecah dengan menggunakan bahan-bahan seperti sabun, asam lemak, sulfonate dan alcohol dengan rantai panjang. Apabila digunakan bahan kimia sebagai pemecah emulsi, maka bahan kimia ini dapat ditambahkan pada satu tempat atau lebih dari tiga buah tempat dalam sistem, yaitu:

1. Pada minyak mentah sebelum dicampur dengan air
2. Pada air sebelum dicampur dengan minyak mentah
3. Pada campuran minyak mentah dan air.

Akhirya penggunaan medan listrik dengan tegangan tinggi yaitu dari sekitar 16.500 sampai 33.000 volt dalam bejana pengendap akan mempercepat penggabungan dan pengendapan air garam.



Gambar 8.2 Cara-cara penghilangan garam dari minyak mentah

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwar dkk., *Buku minyak Bumi Indonesia – sifat dan karakteristik, pusat penelitian dan pengembangan teknologi minyak bumi “LEMIGAS,”* 1995
- American Society for Testing and Materials, *Annual Book of ASTM Standards*, section 5, Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuels, Philadelphia, 1991.
- Anonim, *Bahan Bakar Minyak untuk industry dan Perkapalan*, Pertamina. Direktorat Pembekalan dalam negeri.
- Anonim, *Data dan Informasi minyak, Gas dan Panas Bumi*, Direktorat Jendral. Minyak dan Gas Bumi, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, 1991.
- Anonim, *Impurities in Petroleum*, Revised Edition, Petreco Division, Petrolite. Corporation, Houston, Texas, 1968.
- Anonim, *Minyak Pelumas dan Gemuk untuk Kendaraan, Industri dan Perkapalan*, Pertamina, Direktorat Pembekalan dan Pemasaran Dalam Negeri, 1993.
- Anonim, *MTBE Report-MTBE as Alternative Motor Fuel*, Snamprogetti, Milan, 1982.
- Anonim, *North American Combustion Handbook*, 1st edition, The North. American Manufacturing Company, Ohio, 1952.
- Anonim, *Petunjuk Pelaksanaan Lapos Aspal Beton (Laston)*, No.13/PT/B/1983, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga Jakarta, 1983.
- Anonim, *Sejarah Industri Minyak Bumi Indonesia*, Dinas Humas Pertamina.
- Anonim, *Standard Methods for Testing Petroleum and Its Products*, The Institute of Petroleum, London, 1980.
- Anonim, *Technical Data Book Petroleum Refining*, 2nd edition, American. Petroleum Institute, Division of Revining, Washington, 1970.
- Edmister, W.C., *Applied Hydrocarbon Thermodynamics*, Vol.I, Gulf Publishing. Company, Inc., New York, 1946.
- Gruse, W.A. and Stevens D.R., *Chemical Technology of Petroleum* 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1958.

- Hengestebek, R.J., *Petroleum Processing*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.
- Hollemean, A.F., *Leerboek der Organische Chemie*, J.B. Wolters, Groningen, Djakarta, 1955.
- Hougen O.A., Watson K.M., Ragatz R.A., *Chemical Process Principles*, Part I, Material and Energy Balances, Modern Asia Edition, Charles E. Tuttle Co., Tokyo, 1961.
- Hunter, A., *Industri Perminyakan Indonesia*, P.T. Penerbit Indonesia Raya, Jakarta, 1974.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Nomor: 112/K/72/DDJM/1995. Tanggal: 18 Agustus 1995.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Nomor: 03/K/72/DDJM/1996. Tanggal: 9 Januari 1996.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Nomor: 115/K/72/DDJM/1996. Tanggal: 9 Januari 1996.
- Kontawa, A., *Minyak Bumi – Pengklasifikasikan dan Evaluasi*, Bahan Ceramah dan Kursus-Kursus, Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEGAMIGAS” Jakarta.
- Maxwell J.B., *Data Book on Hydrocarbons*, 9th printing, Robert E. Krieger. Publishing Company, New York, 1977.
- Nelson, W.L., *Petroleum Refinery Engineering*. 4th ed., McGraw Hill Book Company, Inc., New York, 1958.
- Purdy, G.A., *Petroleum Refinery Engineering*. 4th ed., McGraw Hill Book Company, Inc., New York, 1958.
- Speight, J.G., *The Chemistry and Technology of Petroleum*, Marcel Dekker Inc., New York and Basel, 1980.
- Van Nes K., Van Westen H.A., *Aspects of The Constitution of Mineral Oils*, Elsevier Publishing Company Inc., New York 1951.
- H. Zainuddin Fatoni, A.Md, *Produk Migas*, Politeknik Akamigas Palembang, 2014.



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202110192, 6 Februari 2021

Pencipta

Nama : **KGS. A. RONI**
Alamat : KOMPLEK SANGKURIANG BLOK K-9 RT/RW 060/023 KEL/DESA
SAKO KECAMATAN SAKO, PALEMBANG, SUMATERA
SELATAN, 30163
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **KGS. A. RONI**
Alamat : KOMPLEK SANGKURIANG BLOK K-9 RT/RW 060/023 KEL/DESA
SAKO KECAMATAN SAKO, PALEMBANG, SUMATERA
SELATAN, 30163
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **TEKNOLOGI MINYAK BUMI**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 21 Februari 2019, di PALEMBANG
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan : 000237093

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.