

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

**EKC 483 – Petroleum & Gas Processing Engineering**  
***[Kejuruteraan Pemprosesan Petroleum & Gas]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this examination paper consists of SEVEN pages of printed material and FOUR page of Appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH muka surat yang bercetak dan EMPAT muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instruction:** Answer **ALL** (4) questions.

**Arahan:** Jawab **SEMUA** (4) soalan.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

Answer ALL questions.

1. [a] Define the following petroleum properties and give example of their importance
- [i] Mid percent curve boiling point
  - [ii] Pour point
  - [iii] Octane number
  - [iv] Cetane number
- [5 marks]*
- [b] Name the basic oil refinery processes.
- [5 marks]*
- [c] Using the boiling point data from Table Q.1.[c] in the Appendix, sketch a basic atmospheric distillation column with proper labels for the feeds, desalter, product components and temperature zones for the oil blend sample measured by ASTM D 2887 method.
- [10 marks]*
- [d] The oil blend from the Table Q.1.[c] is fed into a distiller that splits the crude oil into top product light naphtha in the range of 25-85°C and heavy naphtha in the range of 90-197°C with a middle stream as solvent. Discuss why there is a product from 25-85°C range? How do you solve the problem?
- [5 marks]*
2. [a] Differentiate between reforming and hydro-treating processes.
- [4 marks]*
- [b] Table Q.2.[b] in the Appendix lists down some of the thermal reactions of C<sub>6</sub> hydrocarbons to yield lighter end products.
- [i] Explain which reactions are possible and not possible to produce alkene.
- [4 marks]*
- [ii] State whether vis-breaking, delayed coking or severe thermal cracking is needed to produce the alkene.
- [4 marks]*
- [c] Study the reformer operating chart from Table Q.2.[c] in the Appendix. Explain the problem associated with yield and RON value.
- [8 marks]*
- [d] High efficiency and fuel economy engine requires high RON. Suggest ways to produce high RON with minimum cost and that can eliminate waste products from a refinery. Indicate the type of distillation and upgrading units that promote the process.
- [5 marks]*

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Takrifkan ciri-ciri petroleum berikut dan berikan contoh kepentingan mereka
- [i] Titik didih lengkung peratusan tengah
  - [ii] Titik tuang
  - [iii] Nombor oktana
  - [iv] Nombor cetana [5 markah]
- [b] Namakan proses-proses penapisan minyak asas. [5 markah]
- [c] Dengan menggunakan data titik didih daripada Jadual S.1.[c] dalam Apendik, lakarkan turus penyulingan atmosfera asas dengan label yang bersesuaian bagi suapan, penyahgaram, komponen produk dan zon suhu bagi sampel 'oil blend' yang diukur dengan kaedah ASTM D2887. [10 markah]
- [d] 'Oil blend' daripada Jadual S.1.[c], disuap ke dalam penyuling yang memisahkan minyak mentah kepada nafta ringan produk teratas dalam julat 25-85 °C dan nafta berat dalam julat 90-197 °C dengan aliran tengah sebagai pelarut. Bincangkan mengapa terdapat produk daripada julat 25-85 °C? Bagaimana anda menyelesaikan masalah ini? [5 markah]
2. [a] Bezakan antara proses 'pembentukan semula' dan proses 'rawatan hidro'. [4 markah]
- [b] Jadual S.2.[b] dalam Apendik menyenaraikan beberapa tindak balas terma hidrokarbon C<sub>6</sub> untuk menghasilkan produk terakhir ringan.
- [i] Jelaskan tindakbalas mana adalah mungkin dan tidak mungkin untuk menghasilkan alkena. [4 markah]
  - [ii] Nyatakan sama ada 'pecahan vis', 'kok terlengah' atau 'peretakan terma teruk' diperlukan untuk menghasilkan alkena. [4 markah]
- [c] Kaji carta pengendalian 'pembentukan semula' daripada Jadual S.2.[c] dalam Apendik. Jelaskan masalah berkaitan dengan 'hasil' dan nilai RON. [8 markah]
- [d] Enjin berkecekapan tinggi dan jimat bahanapi memerlukan RON yang tinggi. Cadangkan cara-cara untuk menghasilkan RON yang tinggi dengan kos yang rendah dan yang boleh menghapuskan hasilan sisa daripada loji penapis. Tunjukkan jenis penyulingan dan unit-unit peningkat yang menggalakkan proses tersebut. [5 markah]



3. [a] Natural gas is currently a more preferred type of fuel for vehicles and power generation over petrol or diesel. Differentiate the characteristics of the combustion process of natural gas from those of petrol or diesel. [6 marks]
- [b] With the help of suitable balanced chemical reactions and schematic diagram, explain the working principle of an iron sponge unit for sweetening of natural gas. [6 marks]
- [c] Differentiate reactive and physical solvents that are commonly used in the sweetening of natural gas in terms of their properties. Provide two examples for each category of solvent. [6 marks]
- [d] An iron sponge unit is to be designed for sweetening of a natural gas stream flowing at 2.1 MMSCFD ( $10^6$  standard cubic feet per day) has a specific gravity of 0.7 and acid gas concentration of 24 ppm. The operating pressure and temperature are 1,000 psig and 120°F, respectively.
- [i] What is the range of diameters of iron sponge suitable to be used for this application? [3 marks]
- [ii] If 2 feet is used as the diameter of the unit and the height of the unit is 10 ft, calculate the bed volume. [2 marks]
- [iii] Calculate the bed life for this unit. [2 marks]
- Assume the compressibility factor for the natural gas as 0.86.
4. [a] Discuss three key operational variables that can influence the effectiveness in the fractionation of natural gas liquid. [6 marks]
- [b] Cryogenic distillation and pressure swing adsorption are two of the most commonly used processes for nitrogen separation from natural gas. Identify the three main differences between the working principles of these two processes. [6 marks]
- [c] Relate general safety and environmental concerns that are involved in the dehydration of natural gas with the process's operational conditions. [6 marks]
- [d] Natural gas that is saturated with water vapor at conditions of 1,000 psia and 90°F is exposed to cooling in a flow line due to heat losses. In this process, the temperature reaches 35°F and the pressure remains the same. Based on the graph on the water content of sweet, lean natural gas in Appendix, Figure Q.4.[d].,
- [i] Calculate how much liquid water will drop from the gas.

3. [a] Gas asli kini merupakan bahan api yang lebih digemari untuk kegunaan kenderaan dan janakuasa berbanding petrol atau diesel. Bezakan ciri-ciri proses pembakaran gas asli berbanding petrol atau diesel. [6 markah]
- [b] Berbantukan tindak balas kimia yang seimbang dan rajah berskema, terangkan prinsip kerja unit span besi yang digunakan untuk pemanisan gas asli. [6 markah]
- [c] Bezakan pelarut-pelarut reaktif dan fizikal yang biasanya digunakan untuk pemanisan gas asli dari segi ciri-ciri mereka. Berikan dua contoh bagi setiap kategori pelarut. [6 markah]
- [d] Suatu unit span besi direkabentuk untuk pemanisan suatu aliran gas asli yang mengalir pada 2.1 MMSCFD ( $10^6$  kaki padu piawai sehari) yang mempunyai graviti spesifik 0.7 dan kepekatan gas asid 24 ppm. Tekanan dan suhu operasi ialah masing-masingnya 1,000 psig dan  $120^\circ\text{F}$ .
- [i] Apakah julat diameter yang sesuai digunakan untuk aplikasi ini? [3 markah]
- [ii] Sekiranya 2 kaki digunakan sebagai diameter unit dan ketinggian unit ialah 10 kaki, kirakan isipadu lapisan. [2 markah]
- [iii] Kirakan tempoh hayat lapisan bagi unit ini. [2 markah]
- Anggapkan faktor kebolehmampatan bagi gas asli tersebut ialah 0.86.
4. [a] Bincangkan tiga pemboleh ubah operasi utama yang boleh mempengaruhi keberkesanan pemecahan cecair gas asli. [6 markah]
- [b] Penyulingan kriogen dan penjerapan buai tekanan merupakan dua jenis proses yang paling biasa digunakan untuk pemisahan nitrogen daripada gas asli. Kenalpasti tiga perbezaan utama di antara prinsip kerja dua proses tersebut. [6 markah]
- [c] Hubungkaitkan permasalahan umum dari segi keselamatan dan alam sekitar yang terlibat dalam penghidratan gas asli dengan keadaan-keadaan operasi proses tersebut. [6 markah]
- [d] Suatu gas asli yang tepu dengan wap air pada keadaan 1,000 psia dan  $90^\circ\text{F}$  didedahkan kepada penyejukan dalam aliran akibat daripada kehilangan haba. Semasa proses ini, suhu mencapai  $35^\circ\text{F}$  dan tekanannya masih sama. Berdasarkan graf kandungan air bagi gas manis dan kering yang ditunjukkan dalam Apendik, Rajah S.4.[d],
- [i] Kirakan jumlah air yang akan keluar daripada gas tersebut.

- [ii] Assuming that the gas flowing through the pipeline is to reach a delivery point at a pressure of 300 psia, find the corresponding dew point of the gas. *[7 marks]*

[ii] Dengan mengandaikan bahawa gas yang mengalir menerusi paip tersebut akan tiba ke titik penyampaian pada tekanan 300 psia, carikan titik embun bagi gas tersebut.

[7 markah]

- 0000000 -



Table Q.1.1.[c]. Boiling point data for different crude oils.  
*Jadual S.1.1.[c]. Data takat didih untuk minyak mentah yang berlainan*

WT%	CPC (ASTM D-2887)				REBCO (ASTM D-2887)				Oil blend (ASTM D-2887)			
	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil
IBP	86	151	220	317	82	147	226	346	85	152	227	358
5	104	174	240	337	103	174	246	369	107	175	247	377
10	115	181	250	346	115	182	254	378	115	183	254	384
20	123	191	257	363	124	193	266	394	125	194	266	399
30	129	198	267	380	132	198	277	410	133	199	277	413
40	138	204	275	397	138	206	289	425	140	206	289	427
50	144	211	285	414	145	214	301	441	146	214	303	441
60	152	218	295	433	152	219	311	456	152	220	314	456
70	160	223	304	452	160	225	322	473	161	226	326	471
80	167	231	313	475	167	233	334	491	169	233	339	489
90	176	238	323	500	175	238	346	511	175	239	353	509
95	181	242	333	516	182	244	355	523	182	245	360	522
FBP	197	255	381	540	197	255	366	541	197	256	372	541

  

Vol%	CPC (ASTM D-86/ASTM D-1160)				REBCO (ASTM D-86/ASTM D-1160)				Oil blend (ASTM D-86/ASTM D-1160)			
	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil	Naphtha	Kerosine	Diesel	Gas oil
IBP	121	183	247	258	120	182	251	275	121	184	252	283
5	129	191	256	348	129	194	260	380	129	194	260	388
10	132	196	262	360	132	198	267	392	132	199	268	398
20	134	201	268	372	136	202	276	401	134	203	276	406
30	136	203	271	387	138	205	282	415	136	205	282	416
50	143	209	281	417	143	211	297	441	143	212	298	440
70	153	214	291	453	153	216	308	469	153	217	312	467
80	157	218	293	471	158	219	317	485	157	220	322	482
90	163	221	303	491	163	222	324	501	163	223	330	499
FBP	182	234	328	538	184	236	334	534	182	237	338	534



Table Q.2.[b]. Thermodynamics of hydrocarbons thermal cracking  
*Jadual S.2. [b]. Termodinamik hidrokarbon untuk peretakan terma*

Reaction	$\Delta H$ (kJ) at T (K)			$\Delta G$ (kJ) at T (K)		
	300	500	1000	300	500	1000
$C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.15 C_3H_{12} + 0.34 CH_{0.8}$	1.8	1.4	2.0	-2.1	-4.7	-9.9
$C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.33 C_4H_{10} + 0.68 CH_{0.8} + 0.8 H_2$	3.3	4.9	2.7	-8.1	-16.8	-37.7
$C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.32 C_2H_4 + 3.36 CH_{0.8} + 3.01 H_2$	266	274	276	161	90	-96
$C_6H_{14} \rightleftharpoons 0.66 C_4H_6 + 3.36 CH_{0.8} + 3.68 H_2$	267	280	288	54	-29	-261
$C_6H_{12} \rightleftharpoons 1.36 C_2H_4 + 3.28 CH_{0.8} + 2.97 H_2$	141.4	146	146.1	74.9	29.5	-88.5
$C_6H_6 \rightleftharpoons 1.48 C_2H_4 + 3.04 CH_{0.8} + 2.82 H_2$	21.1	20.3	12.0	36.3	47.3	78.3

Table Q.2.[c]. Reformer operating chart  
*Jadual S.2.[c]. Pembentukan carta operasi semula*

**Product Yields from Reformer**

Operation Info: Target RON: 98.0

Fraction	Rates			Yields on Oil Feed		Standard Densities			Watson K Factor	Sulfur wt%
	bbl/day	lb/day	mol/day	vol%	wt%	*API	SpGr	lb/gal		
Feed	30,000	8,113,733				51.7	0.7724	6.439	11.8	0.1
H2S		8,625	253							
H2		252,887	125,192							
C1 + C2		199,660			2.46					
C3	1,496	255,569			3.27	147.6	0.5070	4.227		
Iso-butane (IC4)	831	153,755		2.77		119.9	0.5629	4.693		
n-butane (NC4)	1,171	239,488		3.90		110.8	0.5840	4.869		
C5+	24,265	6,983,748		80.88		40.7	0.8219	6.853		
<b>Total</b>	<b>27,763</b>	<b>8,113,733</b>								
<b>Uncorrected Yields</b>	<b>bbl/day</b>	<b>lb/day</b>	<b>mol/day</b>	<b>vol%</b>	<b>wt%</b>					
Sulfur		8,114	253							
H2 (uncorrected)		253,398	125,445		3.12					
C4 (Total)	2,002			6.67						

Figure Q.4.[d] Water content of sweet, lean natural gas.

