

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

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

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

---

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak 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] What are the different categories and qualities of reservoir fluids based on a certain set of values? How do they distinguish from one another? [6 marks]
- [b] Why crude oil pre-treatment is necessary? With the help of a schematic diagram, describe how it is done. [6 marks]
- [c] What is ASTM standard for determining the True Boiling Point (TBP)? How TBP is obtained at high temperature? [4 marks]
- [d] What are the products from atmospheric distillation? Give the estimated range of their carbon atom numbers and explain their respective uses. [5 marks]
- [e] What are the types of vacuum distillation? Why are they different in terms of their respective configuration and products uses? [4 marks]
  
2. [a] Differentiate between thermal and catalytic cracking. [4 marks]
- [b] Table Q.2. lists down some of the thermal reactions of  $C_6$  hydrocarbons to yield lighter end products.
  - [i] Identify and explain which reactions are possible and not possible to produce alkene [5 marks]
  - [ii] Which reaction will give favourable yield of alkene based on the stoichiometry? [4 marks]
  - [iii] State whether vis-breaking, delayed coking or severe thermal cracking is needed to produce the alkene. [2 marks]

Table Q.2.: Thermodynamics of hydrocarbons thermal cracking

Reaction	$\Delta H(\text{kJ})$ at $T$ (K)			$\Delta G(\text{kJ})$ at $T$ (K)		
	300	500	1000	300	500	1000
(1) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.15 C_5H_{12} + 0.34 CH_{0.8}$	1.8	1.4	2.0	-2.1	-4.7	-9.9
(2) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.33 C_4H_{10} + 0.68 CH_{0.8} + 0.8 H_2$	3.3	4.9	2.7	-8.1	-16.8	-37.7
(3) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.32 C_2H_4 + 3.36 CH_{0.8} + 3.01 H_2$	266	274	276	161	90	-96
(4) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 0.66 C_4H_6 + 3.36 CH_{0.8} + 3.68 H_2$	267	280	288	54	-29	-261
(5) $C_6H_{12} \rightleftharpoons 1.36 C_2H_4 + 3.28 CH_{0.8} + 2.97 H_2$	141.4	146	146.1	74.9	29.5	-88.5
(6) $C_6H_6 \rightleftharpoons 1.48 C_2H_4 + 3.04 CH_{0.8} + 2.82 H_2$	21.1	20.3	12.0	36.3	47.3	78.3

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Apakah perbezaan kategori dan kualiti bendalir takungan berdasarkan kepada set nilai tertentu? Bagaimanakah perbezaan itu dapat dikenalpasti antara satu sama lain? [6 markah]
  - [b] Mengapakah pra-rawatan minyak mentah diperlukan? Dengan bantuan gambarajah skema, perihalkan bagaimana ia dilakukan. [6 markah]
  - [c] Apakah piawaian ASTM bagi menentukan takat didih sebenar (TBP)? Bagaimanakah TBP diperolehi pada suhu tinggi? [4 markah]
  - [d] Apakah produk-produk daripada penyulingan atmosfera? Berikan anggaran julat bagi nombor-nombor atom karbon dan terangkan kegunaan masing-masing. [5 markah]
  - [e] Apakah jenis-jenis penyulingan vakum? Mengapakah terdapat perbezaan dari segi konfigurasi masing-masing dan kegunaan produk-produk? [4 markah]
2. [a] Bezakan antara pemecahan termal dan pemecahan bermangkin. [4 markah]
  - [b] Jadual S.2. menyenaraikan beberapa tindak balas termal bagi hidrokarbon C<sub>6</sub> kepada produk-produk akhir yang lebih ringan.
    - [i] Kenalpasti dan terangkan tindak balas-tindak balas yang mungkin dan tidak mungkin terjadi untuk menghasilkan alkena. [5 markah]
    - [ii] Tindak balas manakah akan memberikan hasil alkena yang diinginkan berdasarkan kepada stoikiometri? [4 markah]
    - [iii] Nyatakan sama ada pecahan-vis, kok-lengah atau pemecahan termal keterlaluan diperlukan untuk menghasilkan alkena tersebut. [2 markah]

Jadual S.2.: Termodinamik bagi pemecahan termal hidrokarbon

Tindak balas	$\Delta H(\text{kJ})$ pada T (K)			$\Delta G(\text{kJ})$ pada T (K)		
	300	500	1000	300	500	1000
(1) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.15 C_5H_{12} + 0.34 CH_{0.8}$	1.8	1.4	2.0	-2.1	-4.7	-9.9
(2) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.33 C_4H_{10} + 0.68 CH_{0.8} + 0.8 H_2$	3.3	4.9	2.7	-8.1	-16.8	-37.7
(3) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 1.32 C_2H_4 + 3.36 CH_{0.8} + 3.01 H_2$	266	274	276	161	90	-96
(4) $C_6H_{14} \rightleftharpoons 0.66 C_4H_6 + 3.36 CH_{0.8} + 3.68 H_2$	267	280	288	54	-29	-261
(5) $C_6H_{12} \rightleftharpoons 1.36 C_2H_4 + 3.28 CH_{0.8} + 2.97 H_2$	141.4	146	146.1	74.9	29.5	-88.5
(6) $C_6H_6 \rightleftharpoons 1.48 C_2H_4 + 3.04 CH_{0.8} + 2.82 H_2$	21.1	20.3	12.0	36.3	47.3	78.3

...4/-



- [c] With the help of a flow diagram, explain the hydrotreating process and give the main elements.

[6 marks]

- [d] Give an example of a chemical reaction that can be run in fluid catalytic cracker unit. Indicate your preference of the catalyst type that you would like to use with proper justification. Would the process pose adverse effect to the public and environment?

[4 marks]

3. [a] Briefly discuss the significance of excessive carbon dioxide content in the field processing of natural gas.

[5 marks]

- [b] With the help of suitable reaction schemes, describe the working principle of an iron sponge unit to remove  $H_2S$  impurity from natural gas.

[5 marks]

- [c] The heating value of a mixture of combustible gases ( $H_v$ ) is usually given as:

$$H_v = \sum_{i=1}^n x_i H_{vi}$$

where,  $x_i$  is the mol fraction of the gas component  $i$ . Calculate the heating value of a sweet natural gas with the composition as given in Table Q.3.[c]. The remaining components are assumed to be  $N_2$  and  $CO_2$ . If  $CO_2$  and  $N_2$  can be completely removed from the gas, what would be the heating value of the gas?

Table Q.3.[c].: Gas composition and heating value of each component

Component	Methane	Ethane	Propane	Butane (as isobutene)	C <sub>5+</sub> (as hexane)
Mol %	79.7	6.9	3.1	2.2	3.0
H <sub>vi</sub> , BTU/scf	1010.0	1769.7	2516.1	3251.9	4755.9

[7 marks]

[c] Dengan bantuan gambarajah aliran, terangkan proses rawatan hidro dan berikan elemen-elemen utama. [6 markah]

[d] Berikan satu contoh tindak balas kimia yang boleh dijalankan di dalam unit pemecah bermangkin bendalir. Tunjukkan pilihan anda berkenaan dengan jenis mangkin yang anda bakal gunakan beserta justifikasinya. Adakah proses ini bakal memberikan kesan buruk kepada masyarakat awam dan persekitaran? [4 markah]

3. [a] Bincangkan secara ringkas kesan kandungan karbon dioksida berlebihan dalam medan pemprosesan gas asli. [5 markah]

[b] Dengan bantuan skema tindak balas yang sesuai, jelaskan prinsip kerja unit span besi untuk menyingkirkan bendasing H<sub>2</sub>S dari gas asli. [5 markah]

[c] Nilai pemanasan bagi suatu campuran gas-gas yang boleh terbakar (H<sub>v</sub>) biasanya diberikan sebagai:

$$H_v = \sum_{i=1}^n x_i H_{vi}$$

di mana,  $x_i$  ialah pecahan mol bagi komponen gas  $i$ . Kirakan nilai pemanasan bagi gas asli dengan komposisi sebagai mana yang diberikan dalam Jadual S.3.[c]. Komponen-komponen lain dianggap sebagai N<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Sekiranya CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> boleh disingkirkan sepenuhnya daripada gas tersebut, berapakah nilai pemanasan bagi gas tersebut?

Jadual S.3.[c].: Komposisi gas dan nilai pemanasan bagi setiap komponen

Komponen	Metana	Etana	Propana	Butana (sebagai isobutana)	C <sub>5+</sub> (sebagai heksana)
Mol %	79.7	6.9	3.1	2.2	3.0
H <sub>vi</sub> BTU/scf	1010.0	1769.7	2516.1	3251.9	4755.9

[7 markah]

- [d] A gas well produces 12 *MMSCF/day* along with 2,000 lbs of water and 700 barrels per day (*BPD*) of condensate having density of 300 lbs/bbl. The hydrate formation temperature at the flowing pressure is 75°F.

It is given that the ethylene glycol solubility in condensate is 0.5 % by weight and that the ratio of the lbs ethylene glycol in vapor/*MMSCF* of gas to the weight percent of ethylene glycol in water is 0.95. Assume the *K* value for ethylene glycol is 2200. (Atomic weight: *C*=12.01, *O*=16.00, *H*=1.00).

If the average flow line temperature is 65°F, determine the amount of ethylene glycol (HO-CH2CH2-OH) needed to inhibit hydrate formation in the flow line.

Useful equation,

$$\Delta T = KW/[M(100-W)]$$

where;

- $\Delta T$  = depression in hydrate formation temperature (°F)  
*K* = constant  
*W* = weight percent of inhibitor for water treatment  
*M* = molecular weight of inhibitor

[8 marks]

4. [a] Energy separating agent (ESA) and mass separating agent (MSA) are two different options for recovery and separation of natural gas liquid (NGL) from natural gas. Differentiate these options.

[5 marks]

- [b] Discuss mechanism leading to nitrogen rejection from natural gas in a pressure swing adsorption (PSA) process.

[5 marks]

- [c] Membrane separation process for nitrogen rejection from natural gas is still at an immature state to be successfully used commercially in natural gas industry. Discuss the main concerns that can hold back the success of this technology in this application.

[7 marks]

- [d] Due to heat losses in a flow line, the temperature of water vapor-saturated natural gas stream at a pressure of 1,000 *psia* and 90°F reduces to 35°F. In this cooling process, the pressure remains unchanged. Based on the graph on the water content of sweet, lean natural gas in Figure Q.4.[d]:

- [i] Estimate the amount of liquid water that will be removed from the gas.  
[ii] in case the processed gas delivery point is set at 300 *psia*, determine the corresponding dew point of the gas at this delivery point.

[8 marks]



- [d] Sebuah telaga gas menghasilkan 12 MMSCF/hari gas dengan 2,000 lbs air dan 700 tong sehari (BPD) kondensat yang mempunyai ketumpatan 300 lbs/bbl. Suhu pembentukan hidrat pada tekanan aliran ialah 75°F.

Sekiranya diberi bahawa keterlarutan etilena glikol dalam kondensat ialah 0.5% berat dan nisbah lbs etilena glikol dalam wap/MMSCF bagi gas kepada peratusan berat etilena glikol dalam air ialah 0.95. Anggap nilai K bagi etilena glikol ialah 2200. (Berat atom: C=12.01, O=16.00, H=1.00).

Jika suhu purata bagi salur aliran tersebut 65°F, tentukan amaun etilena glikol (HO-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-OH) yang diperlukan untuk merencatkan pembentukan hidrat di dalam salur aliran tersebut.

Persamaan yang berguna,

$$\Delta T = KW/[M(100-W)]$$

dimana;

- $\Delta T$  = penurunan suhu pembentukan hidrat (°F)  
K = pemalar  
W = peratusan berat bagi perencat bagi rawatan air  
M = berat molekul bagi perencat

[8 markah]

4. [a] Agen pemisahan tenaga (ESA) dan agen pemisahan jisim (MSA) adalah dua pilihan yang berbeza untuk pemulihan dan pemisahan cecair gas asli (NGL) daripada gas asli. Bezakan dua pilihan ini.

[5 markah]

- [b] Bincangkan mekanisma pemisahan nitrogen dari gas asli menggunakan proses penyerapan buaian tekanan (PSA).

[5 markah]

- [c] Proses pemisahan membran untuk pemisahan nitrogen dari gas asli masih berada ditahap awal untuk digunakan secara komersil dalam industri gas asli. Bincangkan hal-hal yang menghadkan kejayaan teknologi tersebut bagi aplikasi ini.

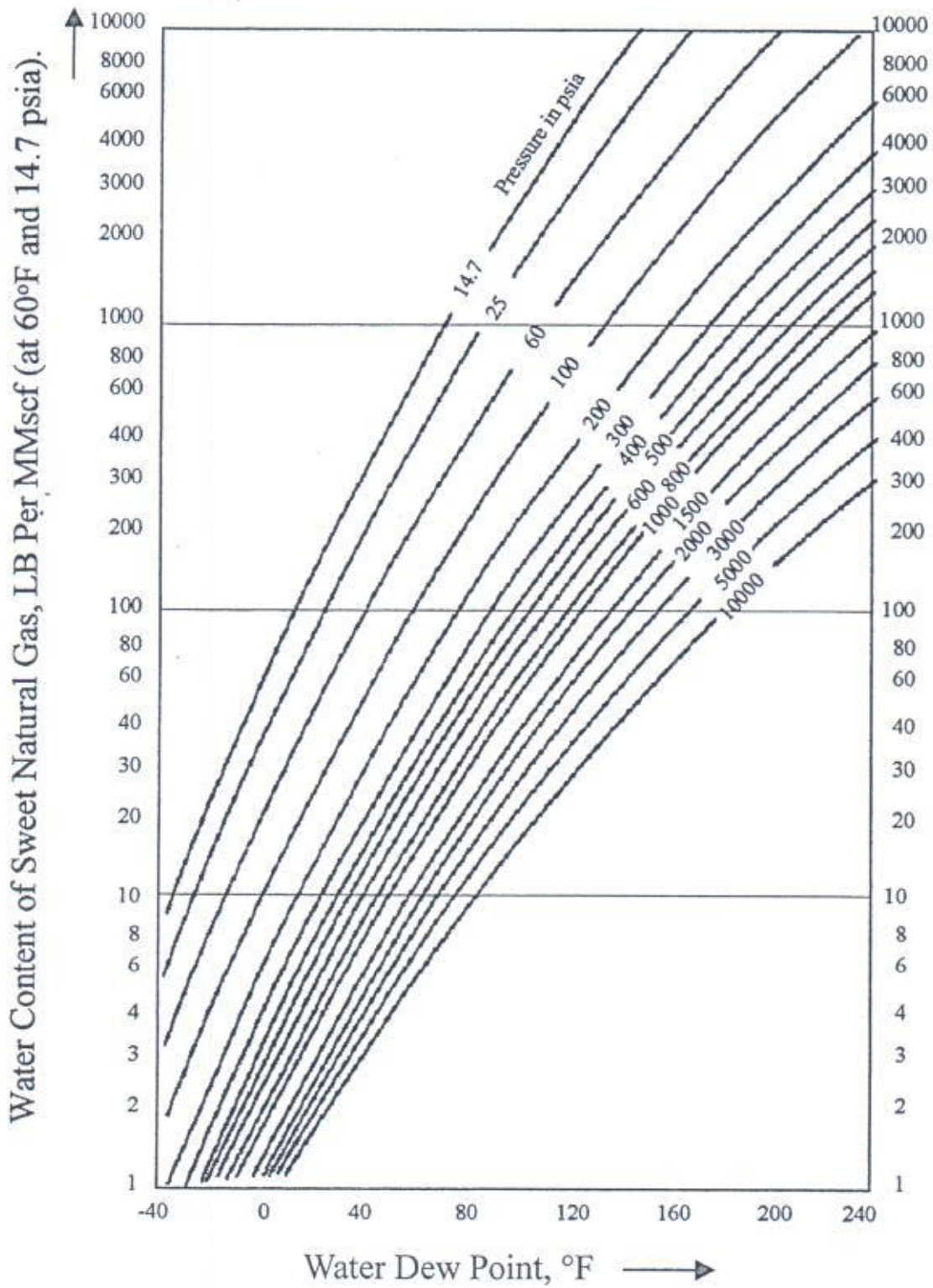
[7 markah]

- [d] Disebabkan oleh kehilangan haba dalam salur aliran, suhu bagi aliran gas asli yang tepu dengan wap air pada tekanan 1,000 psia jatuh dari 90°F ke 35°F. Dalam proses penyejukan ini, tekanan tidak berubah. Berdasarkan Rajah S.4.[d] kandungan air bagi gas asli 'sweet' dan 'lean'.

[i] Anggarkan amaun air yang akan disingkirkan dari gas tersebut.

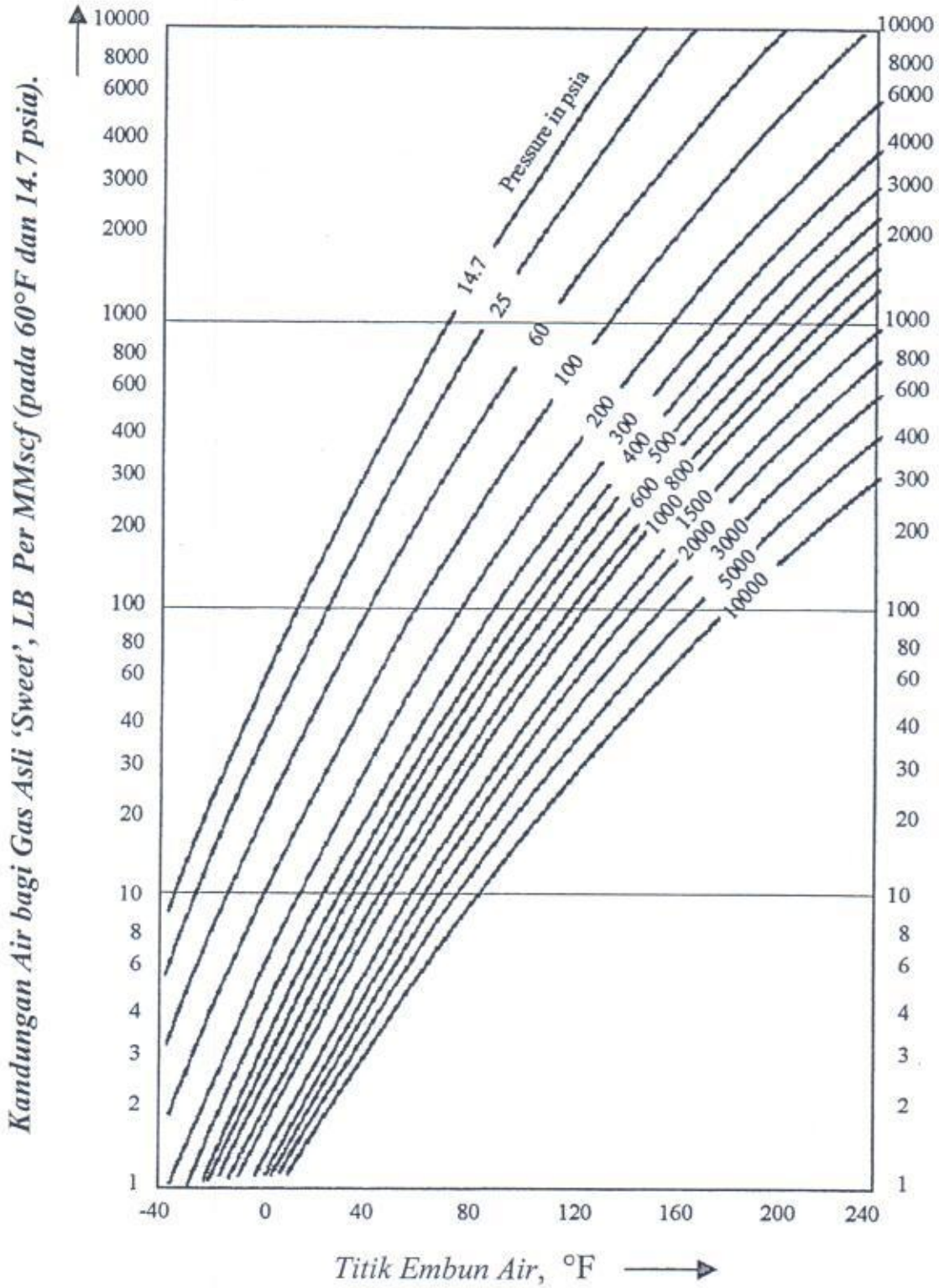
[ii] Sekiranya titik penyampaian bagi gas yang siap diproses ditetapkan pada 300 psia, tentukan titik embun bagi gas di titik penyampaian tersebut.

[8 markah]



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





Kandungan Air bagi Gas Asli 'Sweet', LB Per MMscf (pada 60°F dan 14.7 psia).

Titik Embun Air, °F →

Kandungan air bagi gas asli 'sweet' dan 'lean'

Rajah S.4.[d]: Kandungan air bagi gas asli 'sweet' dan 'lean'