
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

EBS 432/3 - Environmental Chemistry for Engineering Practice *[Kimia Alam Sekitar Untuk Amalan Kejuruteraan]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains THIRTEEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SEVEN questions.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]

Instruction: Answer **FIVE** questions. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

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.]

1. [a] Biotransformation and biodegradation of chemical compounds by the action of living organisms is one of the major processes that determines the fate of organic chemicals in aquatic and terrestrial environments.

Biotransformasi dan biodegradasi suatu sebatian kimia oleh tindakan organisme hidup adalah salah satu proses utama yang menentukan nasib bahan kimia organik dalam persekitaran akuatik dan terrestrial.

- (i) Give a brief description of the chemical processes involve in microbial transformation and microbial degradation.

Berikan catatan ringkas akan proses-proses kimia yang terlibat dalam transformasi mikrobial dan penguraian mikrobial.

(25 marks/markah)

- (ii) In condition where the concentration of oxygen is depleting, what are the changes that occur in the microbial degradation pathways. Show the possible reactions taking place.

Dalam keadaan di mana kepekatan oksigen berkurangan, apakah perubahan yang berlaku dalam laluan degradasi mikrobial. Tunjukkan tindakbalas mungkin yang berlaku.

(25 marks/markah)

- [b] Volatilization of pollutants from water to the atmosphere is a very important physical loss process. Draw a schematic diagram to describe the processes involved in volatilization and show that it obeys a first-order kinetic. Derive the half-life expression for the process.

Pemeruapan bahan pencemar dari jasad air ke atmosfera adalah satu proses kehilangan cecair secara fizikal. Lukiskan satu gambarajah skema yang menerangkan proses-proses yang terlibat dalam pemeruapan dan tunjukkan ia mematuhi kinetik tertib pertama. Terbitkan ungkapan setengah-hayat bagi proses ini.

(25 marks/markah)

- [c] Define the term acid rain and how it occurs. Why pure rain water in equilibrium with CO_2 in air has a pH near 5.6? Briefly state why acid rain is of concern.

Takrifkan istilah hujan berasid dan bagaimanakah ia berlaku. Mengapa air hujan semulajadi dalam keseimbangan dengan CO_2 di udara mempunyai pH hampir kepada 5.6. Nyatakan mengapa hujan berasid ini menjadi perhatian.

(25 marks/markah)

2. [a] The physical condition of a body of water strongly influences the chemical and biological processes that occur in water. With the aid of a schematic diagram showing the stratification of a lake, briefly explain how does the temperature-density relationship of water influences the presence of oxidized and reduced species in a body of water.

Keadaan fizikal satu jasad air sangat mempengaruhi proses-proses kimia dan biologi yang berlaku dalam air. Dengan bantuan gambarajah skema menunjukkan statifikasi satu tasik, terangkan secara ringkas, bagaimana hubungan suhu-ketumpatan air mempengaruhi kehadiran spesies teroksida dan terturun dalam satu jasad air.

(45 marks/markah)

...4/-

- [b] A coagulation treatment plant with a flow of $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ is dosing alum at 23.0 mg/L . No other chemicals are being added. The raw-water suspended solids concentration is 37.0 mg/L . The effluent suspended-solids concentration is measured at 12.0 mg/L . The sludge solids content is 1.00 percent and the specific gravity of the sludge solids is 3.01. Given the density of water is 1.000 kg/m^3 .

Satu loji perawatan koagulasi beroperasi dengan kadar alir $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan penambahan alum sebanyak 23.0 mg/L . Tiada penambahan bahan kimia yang lain. Kepekatan pepejal yang terapung dalam air adalah sebanyak 37.0 mg/L . Didapati kepekatan pepejal terapung dari efluen yang keluar adalah sebanyak 12.0 mg/L . Kandungan pepejal enapcemar adalah 1.00 peratus dan graviti spesifik bagi pepejal enapcemar adalah 3.01. Diberikan ketumpatan air adalah 1.000 kg/m^3 .

- (i) Draw a schematic diagram of the mass-balance diagram for the sedimentation basin.

Lukiskan gambarajah skemaimbangan jisim bagi takungan sedimentasi ini.

(20 marks/markah)

- (ii) Calculate the volume of sludge to be disposed of everyday.

Kirakan isipadu enapcemar yang disingkirkan keluar setiap hari.

(35 marks/markah)

3. [a] The combustion of fossil fuels containing sulfur yields sulfur dioxide in direct proportion to the sulfur content of the fuel. Because the combustion is not 100% efficient, it is assumed that 5 percent of the sulfur in the fuel ends up in the ash. An Indonesian coal is burned at a rate of 1.00 kg per second. The analysis of the coal reveals the sulfur content of 3.00 percent.

Pembakaran bahan api fossil mengandungi sulfur menghasilkan sulfur dioksida dalam perkadaran langsung dengan kandungan sulfur bahan api. Oleh kerana kecekapan pembakaran tidak 100%, dianggapkan bahawa 5 peratus sulfur dalam bahan api adalah dalam abu. Satu arangbatu Indonesia telah dibakar pada kadar 1.00 kg per saat. Analisis arang batu menunjukkan kandungan sulfur adalah 3.00 peratus.

- (i) Using the mass balance approach, draw the mass balance diagram for sulfur.

Menggunakan pendekatanimbangan jisim, lukiskan gambarajahimbangan jisim bagi sulfur.

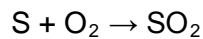
(10 marks/markah)

- (ii) Write the mass balance equation for sulfur. Then calculate the mass of "sulfur in" in units of kg/s and kg/y.

Tuliskan persamaanimbangan jisim bagi sulfur. Kemudian kirakan jisim "sulfur masuk" dalam unit-unit kg/s dan kg/tahun.

(25 marks/markah)

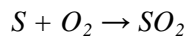
- (iii) From the proportional weights of the oxidation reaction,



What is the annual rate of emission of SO_2 ?

Given: At. wt. for S = 32.06 and O = 15.99 g/mol

Dari perkadaran berat bagi tindakbalas pengoksidaan,



Apakah kadar tahunan pengeluaran SO_2 ?

Diberikan: JAR bagi S = 32.06 dan O = 15.99 g/mol

(30 marks/markah)

- [b] The Henry's constant for dichloromethane (DCM) is approximately 0.5 M atm^{-1} at 20°C . If the atmospheric (gas phase) concentration of DCM was measured to be 10^{-3} mg/m^3 , what is Henry's constant in dimensionless units and hence, what is the concentration of DCM in the rain water?

Given that $R = 0.082 \text{ L.atm.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

Pemalar Henry bagi diklorometana (DCM) adalah dianggarkan sebanyak 0.5 M atm^{-1} pada 20°C . Jika kepekatan atmosfera (fasa gas) bagi DCM yang diukur adalah 10^{-3} mg/m^3 , apakah pemalar Henry tanpa unit dan seterusnya, apakah kepekatan DCM dalam air hujan?

Diberikan $R = 0.082 \text{ L.atm.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$

(35 marks/markah)

4. [a] For many environmental problems, time is an important factor in establishing the degree of severity of the problem or in designing a solution. The effectiveness of an environmental process in removing a contaminant can be determined using the mass balance technique.

Bagi kebanyakan masalah alam sekitar, masa merupakan faktor penting dalam menunjukkan tahap serius sesuatu masalah atau dalam merekabentuk suatu penyelesaian. Keberkesanan satu proses alam sekitar dalam menyingkirkan satu kontaminan boleh ditentukan menggunakan teknikimbangan jisim.

- (i) Write the mass flow rate expression and the mass balance equation in terms of concentration and flow rate.

Tuliskan ungkapan kadar alir jisim dan persamaanimbangan jisim dalam sebutan kepekatan dan kadar alir.

(20 marks/markah)

- (ii) Hence, derived the equation that shows the effectiveness of the process in removing the contaminant.

Maka, terbitkan satu persamaan yang menunjukkan keberkesanan suatu proses dalam menyingkirkan satu kontaminan.

(40 marks/markah)

- [b] A chemical degrades in a flow-balanced, steady state CMFR according to first-order reaction kinetics. The upstream concentration of the chemical is 10 mg/L and the downstream concentration is 2 mg/L. Water is being treated at a rate of 29 m³/min. The volume of the tank is 580 m³. What is the rate of decay?

Suatu bahan kimia terurai dalam satu reaktor CMFR keadaan mantap dengan aliran seimbang mengikut kinetik tertib-pertama. Kepekatan bahan kimia dari aliran atas adalah 10 mg/L dan kepekatan aliran bawah adalah 2 mg/L. Air dirawat pada kadar 29 m³/min. Isipadu tangki adalah 580 m³. Apakah kadar penguraian yang berlaku dalam reaktor?

(40 marks/markah)

- 5 [a] You are a member of a team evaluating an industrial site with contaminated soil. Your task is to evaluate the potential for the soil contaminants to contaminate the groundwater. You have been able to collate the property data on the contaminant as in the Table 1 below:

Anda adalah seorang ahli dalam satu kumpulan yang sedang menilai satu tapak industri dengan tanah yang tercemar. Tugas anda adalah untuk menilai potensi kontaminan tanah itu dalam pencemaran air bawah tanah. Anda telah mengumpulkan dan membuat perbandingan data mengenai sifat-sifat kontaminan seperti dalam Jadual 1 di bawah:

Table 1: Property Data of Contaminant

Jadual 1: Data yang menunjukkan sifat-sifat kontaminan

Compound <i>Sebatian</i>	Vapor pressure <i>Tekanan Wap</i> (mm Hg)	Water solubility <i>Keterlarutan air</i> (mm/L)	Soil sorption coefficient <i>Pekali jerapan Tanah</i> (K_{oc})
Phenol <i>Fenol</i>	0.2	67,000	2
Styrene <i>Stirena</i>	9.5	280	120
Tetrachloroethane <i>Tetrakloroetana</i>	5	2900	480
Chloropyrifos <i>Kloropirifos</i>	1.9 x 10 ⁻⁵	2	13,000

...9/-

Using Table 2 as follows, evaluate the possibility of groundwater contamination by these compounds.

Menggunakan Jadual 2 berikut, lakukan penilaian samada berlaku pencemaran air bawah tanah oleh sebatian-sebatian ini.

Table 2: Interpretation of the Relative Mobility Index

Jadual 2: Interpretasi Indeks Mobiliti Relatif

Mobility Index Indeks Mobiliti	Description Huraian
> 5.00	Extremely mobile <i>Tersangat mobil</i>
5.00 to 0.00	Very mobile <i>Sangat mobil</i>
0.00 to – 5.00	Slightly mobile <i>Separa mobil</i>
-5.00 to – 10.00	Immobile <i>Tidak mobil</i>
< - 10.00	Very immobile <i>Sangat tidak mobil</i>

(25 marks/markah)

- [b] One of the more important chemical functions of soils is the exchange of cations. Explain briefly the mechanism of cation exchange in soils.

Salah satu daripada fungsi kimia tanah yang lebih penting adalah penukaran kation. Terangkan secara ringkas mekanisma penukaran ion dalam tanah.

(25 marks/markah)

- [c] The removal of nitrogen from waste water can be accomplished either by biologically or chemically available process. Discuss briefly the process of nitrification-denitrification and ammonia stripping.

Penyingkiran nitrogen dari air sisa boleh dijalankan samada menggunakan proses biologi atau secara proses kimia. Bincangkan secara ringkas proses nitrifikasi-denitrifikasi dan perlucutan ammonia.

(25 marks/markah)

...10/-

- [d] One of the major processes for the removal of organics from wastewater is sorption by activated carbon. State the important properties of activated carbon.

Salah satu proses penyingkiran organik dari air sisa adalah cara penjerapan ke atas karbon teraktif. Nyatakan sifat-sifat penting karbon teraktif.

(25 marks/markah)

6. The nature of chemical species in water is usually a function of both pE and pH. Figure A shows a simplified pE-pH diagram for iron in water. The upper dashed line represents equilibrium of the system shown with atmospheric oxygen. The lower dashed line represents equilibrium with an anaerobic system, such as in the sediment of a body of water.

Keadaan semulajadi spesi-spesi kimia dalam air biasanya merupakan satu fungsi kedua-dua pE dan pH. Rajah A menunjukkan satu gambarajah mudah pE-pH bagi Fe dalam air. Garisan titik di atas mewakili keseimbangan sistem dengan oksigen di atmosfera. Garisan titik di bawah mewakili keseimbangan dengan sistem anaerobik seperti dalam sedimen satu jasad air.

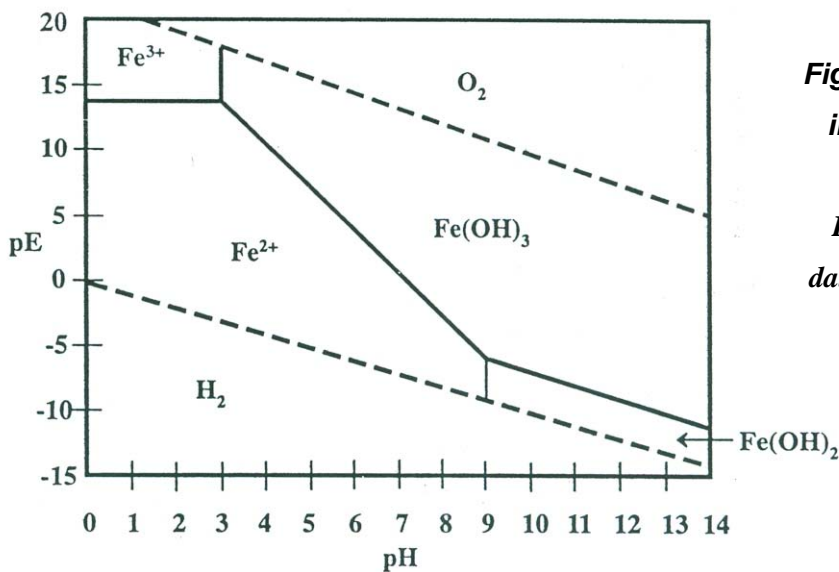


Figure A: A simplified pE-pH diagram for iron in water (maximum total soluble iron concentration is 1.0×10^{-5} M)
Rajah A: Gambarajah pE-pH bagi ferum dalam air (kepekatan maksimum ferum yang terlarut adalah 1.0×10^{-5} M)

Using arrows and reactions, explain the following in a system in which iron is available:

Menggunakan anak panah dan persamaan-persamaan tindakbalas, terangkan perkara-perkara berikutnya dalam satu sistem di mana terdapat Fe.

- (a) Acid mine water typically contains dissolved iron in equilibrium with air. Which region on the diagram may represent acid mine water?

Air lombong berasid biasanya mengandungi besi terlarut dalam keseimbangan dengan udara. Dalam daerah manakah di dalam rajah yang mewakili air lombong berasid?

(25 marks/markah)

- (b) What is observed as the pH of iron-containing acid mine water is raised by dilution or exposure to a base?

Apakah yang diperhatikan apabila pH air lombong berasid yang mengandungi besi ini ditingkatkan dengan cara pencairan atau terdedah kepada suatu bes?

(25 marks/markah)

- (c) Briefly explain the presence of a soluble iron in anaerobic groundwater at pH 7.

Terangkan secara ringkas kehadiran besi terlarut dalam air bawah tanah yang bersifat anaerobik pada pH 7.

(25 marks/markah)

- [d] Explain what may occur and why a precipitate may be observed, as acid mine water is raised to the surface and exposed to air.

Terangkan apakah yang akan berlaku dan mengapa satu mendakan mungkin diperhatikan jika air lombong berasid ini naik ke permukaan dan terdedah kepada udara?

(25 marks/markah)

7. Choose any **two** of the following topics:

- (a) Differentiate between waste minimization, waste exchange and recycling. In the context of industrial ecology, briefly outlines the basic approaches used to waste minimization and reduction in a manufacturing process. Briefly discuss any **one** of the treatment technology processes (biological treatment, chemical precipitation, ion exchange, carbon adsorption or oxidation-reduction process) as they apply to hazardous waste treatment.

*Bezakan di antara peminimaan sisa, pertukaran sisa dan kitar semula. Dalam konteks ekologi industri, nyatakan secara ringkas, pendekatan asas yang digunakan untuk peminimaan dan penurunan sisa dalam proses pembuatan. Bincangkan secara ringkas sebarang **satu** dari proses-proses teknologi perawatan (perawatan biologi, pemendakan kimia, penukaran ion, penyerapan karbon atau proses pengoksidaan-penurunan) merujuk kepada aplikasinya dalam perawatan sisa merbahaya.*

(50 marks/markah)

- (b) The properties of soil have a strong influence on any contaminants present. Discuss briefly the important environmental properties of soils principally the clay and soil organic matter. Human exposure to soil contaminants can also have important adverse effects. With the aid of a diagram, briefly show the distribution pattern of soil contaminants in the soil ecosystem.

Sifat-sifat tanah mempunyai pengaruh yang kuat terhadap sebarang kontaminan yang hadir. Terangkan secara ringkas, sifat-sifat penting persekitaran tanah terutamanya tanah liat dan jirim organik tanah. Pendedahan manusia kepada kontaminan tanah ini boleh juga mengakibatkan kesan yang membahayakan. Dengan bantuan satu gambarajah, tunjukkan secara ringkas corak taburan kontaminan tanah dalam ekosistem tanah.

(50 marks/markah)

- (c) An important time-dependent reaction is the mass transfer (dissolution or volatilization) of gas from water. Briefly explain with the aid of diagrams, the two-film theory postulated by Lewis and Whitman to describe the mass transfer of gases.

Satu tindakbalas penting yang bergantung kepada masa adalah pemindahan jisim gas dari air. Dengan bantuan satu gambarajah, terangkan secara ringkas teori dua-lapisan yang telah dipostulasikan oleh Lewis and Whitman untuk menghuraikan pemindahan jisim gas.

(50 marks/markah)