

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2010/2011

November 2010

## **EBS 315/3 - Hydrometallurgy** **[Hidrometalurgi]**

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 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.

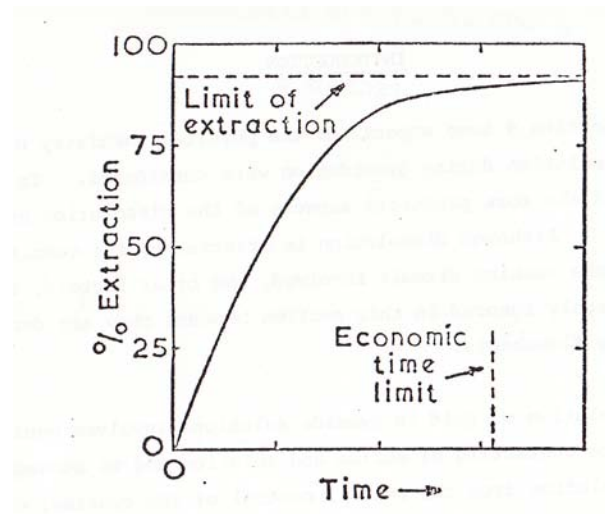
*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

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. Dissolution of gold in cyanide solution involves adequate contacting of solids and solution, control of cyanide, oxygen and alkali content of the solution and time to allow for dissolution to be completed and subsequently separate the solution from the solids. Figure 1 is a typical leaching curve showing percent extraction of gold as a function of time.

*Pelarutan emas dalam larutan sianida melibatkan sentuhan secukupnya antara pepejal dan larutan, kawalan sianida, kandungan oksigen dan alkali dalam larutan dan masa untuk pelarutan lengkap dan seterusnya pemisahan larutan dari pepejal. Rajah 1 adalah lengkung pelarutlesapan menunjukkan peratus pengekstrakan emas sebagai satu fungsi masa.*



*Fig 1: Typical leaching curve showing the percent extraction versus time in gold cyanidation*

*Rajah 1: Lengkuk pelarutlesapan yang menunjukkan peratus pengekstrakan melawan masa dalam pensianidaan emas*

- (a) Briefly give your reasons as to how these factors below would cause a decrease in the leaching rate with time as shown in Figure 1.

*Secara ringkas berikan alasan mengapa faktor-faktor berikut akan menyebabkan penurunan dalam kadar pelarutlesapan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.*

- (i) Surface area of gold particles  
*Luas permukaan partikel emas*
- (ii) Diffusion of reactants and products  
*Peresapan reaktan dan produk*
- (iii) Cyanide and oxygen concentration  
*Kepekatan sianida dan oksigen*
- (iv) Insoluble reaction products  
*Hasil tindak balas yang tak larut*

(60 marks/markah)

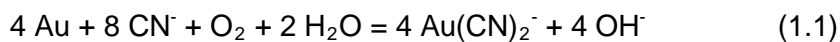
- (b) Give two reasons why complete extraction of what is never achievable?

*Berikan dua sebab mengapa pengekstrakan sepenuhnya tidak boleh dicapai?*

(20 marks/markah)

- (c) Assuming that Elsner's equation holds, calculate the amount of oxygen required to dissolve gold from an ore assaying 8 g/tonne gold.

*Andaikan persamaan Elsner dipatuhi, kirakan amaun oksigen yang diperlukan untuk melarutkan emas dari bijih yang mengandungi 8 g/tan emas.*



Given that the atomic weight for Au = 197.2 and O = 16 g/mol,

*Diberikan berat atom bagi Au = 197.2 dan O = 16 g/mol*

(20 marks/markah)

2. Zinc dust precipitation of gold and silver from cyanide solution has been a well-established practice. Gold and silver are quickly and completely cemented from cyanide solution by zinc.

*Pemendakan emas dan argentum menggunakan serbuk zink dari larutan sianida merupakan satu amalan yang telah diterimapakai. Pensimenan emas dan argentum oleh zink dari larutan sianida adalah cepat dan lengkap.*

- (a) Write down the reaction equation for the precipitation of gold using zinc dust.

*Tuliskan persamaan tindakbalas bagi pemendakan emas menggunakan serbuk zink.*

(15 marks/markah)

- (b) Draw a simplified process flow sheet for the precipitation of gold using zinc dust and briefly explain the process.

*Lukiskan satu carta alir mudah menunjukkan proses pemendakan emas menggunakan zink dan terangkan secara ringkas proses ini.*

(45 marks/markah)

- (c) A range of leaching techniques are employed for the leaching of minerals and metal compounds. From the engineering aspect of reactor design and characteristics of the ores, briefly describe with the aid of simple diagrams, the significant differences between the technique of percolation leaching and agitation leaching.

*Pelbagai teknik pelarutlesapan digunakan bagi pelarutlesapan mineral dan sebatian logam. Dari aspek kejuruteraan rekabentuk reaktor dan ciri-ciri bijih, huraikan secara ringkas dengan bantuan gambarajah, perbezaan utama antara teknik pelarutlesapan penelusan dan pengadukkan.*

(40 marks/markah)

3. [a] An agitation leaching plant processing copper ores in Mamut copper mine, have the operation data as follows:

Process ore:

Flotation oxide concentrate (mostly carbonate)

% Cu	16 (13% acid soluble)
Ton/day	2000

Roasted Calcined

% Cu	24
Ton/day	300

Cu leached /day 300 Ton

Leaching time 2 hours

No. of leaching cycles/day 10

Leachant composition (used electrolyte)

Cu	28 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	59 kg/m <sup>3</sup>

Pregnant solution composition

Cu	50 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18 kg/m <sup>3</sup>

*Satu loji pengadukkan yang memproses kuprum di lombong kuprum Mamut, mempunyai data operasi berikut:*

*Bijih yang diproses:*

*Konsentrat oksida pengapungan (kebanyakan karbonat)*

% Cu	16 (13% terlarutkan asid)
Tan/hari	2000

*Pemangangan terkalsin*

% Cu	24
Tan/hari	300

*Kuprum dilarutlesapkan/hari 300 Tan*

*Masa pelarutlesapan 2 jam*

*Bil. kitar pelarutlesapan/hari*

*Komposisi leachant (elektrolit terpakai)*

Cu	28 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	59 kg/m <sup>3</sup>

*Komposisi larutan pregnan*

Cu	50 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18 kg/m <sup>3</sup>

Determine the:

*Tentukan:*

- (i) Extraction efficiency

*Kecekapan pengekstrakan*

- (ii) Volume of leaching solution per day

*Isipadu larutan pelarutlesapan sehari*

- (iii) Volume of leaching solution handled by each 8 reactor/cycle

*Isipadu larutan pelarutlesapan yang dikelolakan oleh setiap 8 reaktor/kitar*

- (iv) Pulp density (% solid) in each reactor

*Ketumpatan pulpa (% pepejal) dalam setiap reaktor.*

(60 marks/markah)

- [b] Briefly state the difference between a chemically controlled and a diffusion controlled reaction.

*Huraikan secara ringkas perbezaan di antara tindakbalas kawalan kimia dan kawalan resapan.*

(20 marks/markah)

- [c] With the aid of a schematic diagram, explain briefly what is meant by diffusion through a product layer.

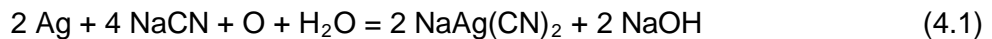
*Dengan bantuan gambarajah skema, terangkan secara ringkas apa yang dimaksudkan dengan resapan melalui lapisan hasil.*

(20 marks/markah)

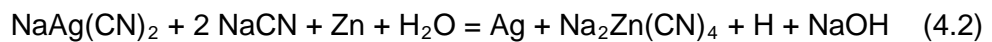
4. [a] A silver ore containing 0.480 kg/T with no gold is given a single leach with strong cyanide solution (2.3 kg NaCN/T solution) and then washed with water. The total amount of solution obtained (pregnant solution plus wash water) is 7.36 T/T ore treated. The extraction of Ag (dissolution) by the solvent is 93%. The solution and washing are precipitated down to 5.4g/T in zinc boxes and the solution is then discarded. The leaching consumes about 1.35 kg NaCN per metric tonne ore treated and 0.60 kg zinc per metric tonne of ore is consumed in precipitating boxes. The solution entering zinc boxes carried 0.4 kg NaCN/T ore treated.

The chemical reactions that govern the dissolution and precipitation of Ag are as follows:

Elsner's equation:



Precipitation equation:



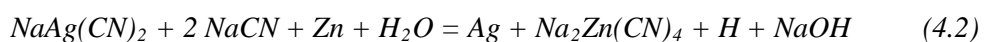
*Satu bijih perak yang mengandung 0.480 kg/T tanpa kehadiran emas menjalani pelarutlesapan tunggal dengan larutan sianida yang berkepekatan tinggi (2.3 kg NaCN/T larutan) dan kemudian dibilas dengan air. Jumlah larutan yang diperoleh (larutan pregnan termasuk air bilasan) adalah 7.36 T/T bijih yang dirawat. Pengekstrakan Ag (pelarutan) oleh pelarut adalah 93%. Larutan dan air bilasan dimendakkan kepada 5.4g/T dalam kotak zink dan larutan kemudian disingkirkan. Pelarutlesapan menggunakan sebanyak 1.35 kg NaCN per tan metrik bijih yang dirawat dan 0.60 kg zink per tan metrik bijih digunakan dalam kotak pemendakan. Larutan yang masuk ke dalam kotak zink membawa sebanyak 0.4 kg NaCN/T bijih yang dirawat.*

*Persamaan tindakbalas yang mengawal pelarutan dan pemendakan Ag adalah seperti berikut:*

*Persamaan Elsner:*



*Persamaan pemendakan:*



Find:

Cari:

- (i) The recovery of Ag

*Perolehan Ag.*

(20 marks/markah)

- (ii) The amount of leaching solution and wash water used.

*Amaun larutan pelarutlesapan dan air bilasan yang digunakan.*

(30 marks/markah)

- (iii) The percentage of NaCN and Zn consumed that is theoretically required by the dissolution and precipitation equations.

*Peratus NaCN dan Zn yang digunakan secara teori dalam persamaan pelarutan dan pemendakan.*

(30 marks/markah)

- [b] Briefly state the difference between an electrowinning and electrorefining process in the production of metals.

*Nyatakan secara ringkas perbezaan di antara proses elektrolehan dan elektrotulenan dalam penghasilan logam.*

(20 marks/markah)



5. [a] Reduction of metallic ions from aqueous solution to the elemental metal is generally accomplished by one of the following methods:
- (i) Cementation or contact reduction
  - (ii) Gaseous reduction
- Briefly describe these two processes

*Penurunan ion logam dari larutan akuas kepada logam unsur biasanya berlaku mengikut kaedah berikut:*

- (i) Pensimenan atau penurunan sentuhan*
- (ii) Penurunan gas*

*Huraikan secara ringkas kedua-dua proses ini.*

(40 marks/markah)

- [b] A copper refinery has 1080 tanks, each with 24 cathodes and 25 anodes. The cathode plates measure 1000 x 750 mm (submerged area). Five 1200 kW generators are used, each with a circuit of 216 tanks. If the current density is 270 A/m<sup>2</sup>, the average distance from anode to cathode is 5 cm, with current efficiency of 92% and voltage drop due to contact and other losses is 40% of the total voltage drop; find:

*Satu loji penulenan kuprum mempunyai 1080 tangki-tangki, setiap satu tangki mempunyai 24 katod dan 25 anod. Plat katod berukuran 1000 x 750 mm (bahagian yang terendam). Lima penjana dengan kuasa 1200 kW digunakan dengan setiap satu litar terdiri dari 216 tangki-tangki. Jika ketumpatan arus adalah sebanyak 270 A/m<sup>2</sup>, jarak purata dari anod ke katod adalah 5 cm, dengan kecekapan arus sebanyak 92% dan susut voltan disebabkan sentuhan dan kehilangan adalah sebanyak 40% dari jumlah susut voltan; cari:*

- (i) The capacity of the plant in tonne per day.

*Muatan loji dalam tan sehari.*

(15 marks/markah)

- (ii) The increase in cathode thickness/day.

*Peningkatan ketebalan katod / sehari.*

(15 marks/markah)

- (iii) Voltage absorbed per tank.

*Voltan yang diserap setiap tangki.*

(15 marks/markah)

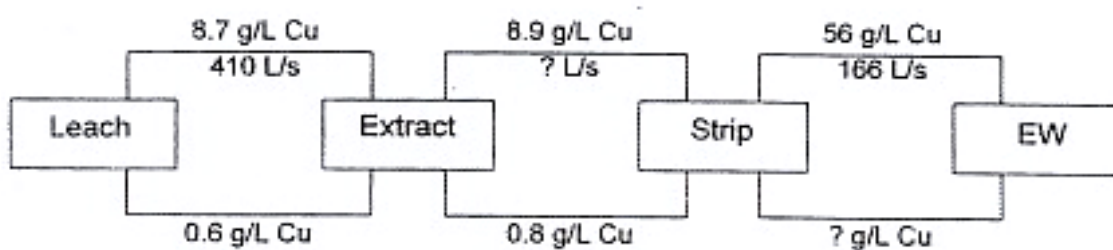
- (iv) Specific resistivity of the electrolyte(ohm cm).

*Rintangan spesifik elektrolit (ohm cm).*

(15 marks/markah)

6. Pregnant leach solution from a Nickel heap leaching operation is purified and concentrated by solvent extraction prior to the electrowinning of copper. Figure 2 shows the simplified solvent extraction process flow diagram.

*Larutan pelarutlesapan pregnan dari operasi pelarutlesapan himpunan kuprum dituliskan dan dikonsentratkan melalui pengekstrakan pelarut sebelum elektrolehan kuprum. Rajah 2 menunjukkan carta alir mudah bagi proses pengekstrakan pelarut.*



**Figure 2: Simplified SX Process Flow Diagram**

**Rajah 2: Gambarajah carta alir mudah bagi proses pengekstrakan pelarut**

Note: There are vital pieces of information missing from the flow diagram below.

*Nota: Ada maklumat-maklumat penting yang tiada dalam carta alir berikut.*

- (a) Using the simplified solvent extraction flow diagram above and the equilibrium data for this process given below, plot the McCabe-Thiele diagram for the extraction step. How many stages are involved in the extraction circuit?

*Menggunakan carta alir pengekstrakan pelarut yang mudah dan data keseimbangan yang diberikan di bawah bagi proses ini, plotkan gambarajah McCabe-Thiele bagi langkah pengekstrakan tersebut. Berapakah bilangan peringkat yang terlibat dalam litar pengekstrakan?*

(50 marks/markah)

- (b) What is the percent copper extracted?

*Apakah peratus kuprum yang terekstrak?*

(15 marks/markah)

- (c) What would be the percent copper extracted if another stage were added?

*Apakah peratus kuprum yang mungkin diekstrakkan jika satu lagi peringkat ditambahkan?*

(20 marks/markah)

- (d) What is the percent copper stripped?

*Apakah peratus kuprum yang dilucutkan?*

(15 marks/markah)

**Table 1: Equilibrium Data for the extraction isotherm**  
**Jadual 1: Data keseimbangan bagi isoterma pengekstrakan**

<b>Copper Conc. (aqueous phase) (g/L)</b> <i>Kepekatan kuprum (fasa akuas) (g/L)</i>	<b>Copper Conc. (organic phase) (g/L)</b> <i>Kepekatan kuprum (fasa organik) (g/L)</i>
0.0	0.0
0.5	3.3
1.3	5.7
2.7	8.1
4.0	9.4

7. Choose any two of the following:

*Pilih sebarang dua di antara berikut:*

- (a) In hydrometallurgical operations, pretreatment of ores prior to leaching may involve physical and/or chemical processes. Briefly discuss the importance of pretreatment of ores prior to leaching with respect to:
- (i) comminution and concentration
  - (ii) chemical changes in the mineral

*Dalam operasi hidrometalurgi, langkah pra-rawatan bijih sebelum pelarutlesapan mungkin melibatkan proses-proses fizikal dan/atau kimia. Bincangkan secara ringkas kepentingan langkah pra-rawatan ini sebelum proses pelarutlesapan merujuk kepada:*

- (i) *kominusi dan pengkonsentratan*
- (ii) *Perubahan kimia dalam mineral*

(50 marks/markah)

- (b) The carbon-in-pulp method has been used in the recovery of gold from dilute leach liquors. Draw a block diagram of the process flow-sheet for the recovery of Au from leach liquors by the carbon-in-pulp process and describe briefly each stages involved from the dissolution of the gold to the adsorption and stripping of the gold from the carbon.

*Kaedah karbon-dalam-pulpa telah digunakan dalam perolehan emas dari likor cair pelarutlesapan. Lukiskan gambarajah blok carta alir proses bagi perolehan Au dari likor pelarutlesapan menggunakan proses karbon-dalam-pulpa dan huraikan secara ringkas setiap peringkat yang terlibat dari pelarutan emas kepada penjerapan dan seterusnya perlucutan emas dari karbon.*

(50 marks/markah)

- (c) Briefly discuss the following properties as a measure of the effectiveness of an ion exchange resin:
- (i) Separation factor
  - (ii) Ion exchange capacity
  - (iii) Breakthrough capacity

*Huraikan secara ringkas sifat-sifat berikut sebagai pengukuran kecekapan satu resin penukar ion:*

- (i) *Faktor pemisah*
- (ii) *Muatan penukar ion*
- (iii) *Muatan bulus*

(50 marks/markah)

- (d) Liquid/liquid metal extraction can be carried out by one of four types of solvent extraction reactions. State the mechanisms by which a metal-containing species may be transferred from an aqueous to an organic phase as used in solvent extraction. What are the two requirements that must be satisfied in order to bring about this transfer?

With the aid of a block diagram, describe briefly the solvent extraction of metals from an aqueous solution.

*Pengekstrakan logam cecair/cecair boleh dilakukan menggunakan salah satu dari empat jenis tindakbalas pengekstrakan pelarut. Nyatakan mekanisma-mekanisma di mana satu spesi mengandungi logam boleh dipindahkan dari satu fasa akuas masuk ke satu fasa organik seperti dalam pengekstrakan pelarut. Apakah dua keperluan yang perlu dipenuhi untuk pemindahan ini berlaku ?*

*Dengan bantuan satu gambarajah blok, huraikan secara ringkas pengekstrakan pelarut bagi suatu logam dari satu larutan akuas.*

(50 marks/markah)