
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EBS 315/3 – Hydrometallurgy [Hidrometalurgi]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN printed pages before you begin the examination.
[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS 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 in the examination questions, the English version shall be used.
[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

1. [a] Chalcopyrite is the most economically important sulfide mineral of copper. It is a refractory mineral as far as leaching with dilute acidic ferric sulfate solutions are concerned, but the action of bacteria by both direct and indirect mechanisms is known to speed up the rate of leaching. Briefly describe the action and function of bacteria with reference to the direct and in-direct leaching of metal sulphides.

Kalkopirit adalah mineral sulfida kuprum yang paling ekonomik. Ia adalah mineral refraktori, kerana tidak mudah dilarutlesapkan oleh larutan asid cair ferik sulfida tetapi tindakan bakteria telah membantu mempercepatkan kadar pelarutlesapan. Terangkan dengan ringkas, aktiviti dan peranan bakteria merujuk kepada pelarutlesapan langsung dan tak-langsung logam sulfida.

(40 marks/markah)

- [b] With the aid of diagrams, explain briefly, the three types of techniques used in the leaching of minerals: In-situ leaching, dump and heap leaching, agitation leaching. What factors that need to be considered in the choice of a particular leaching method?

Dengan bantuan gambarajah-gambarajah, terangkan secara ringkas, tiga teknik yang digunakan dalam pelarutlesapan mineral: Pelarutlesapan setempat, pelarutlesapan timbunan dan himpunan, pelarutlesapan pengadukan. Apakah faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan suatu kaedah tertentu pelarutlesapan?

(60 marks/markah)

2. [a] Briefly describe the bacterial leaching in the extraction of copper ores. Explain how the micro-organisms liberate the metal from its ore and describe how the metal is extracted from the mixture. Compare the "direct" and "indirect" mechanisms of bacterial leaching.

Huraikan dengan ringkas pelarutlesapan bakteria pengekstrakan bijih kuprum. Terangkan bagaimana mikroorganisma-mikroorganisma ini membebaskan logam dari bijih dan huraikan bagaimana logam ini diekstrakkan dari campuran tersebut. Bandingkan mekanisme langsung dan tak-langsung dalam pelarutlesapan bakteria.

(40 marks/markah)

- [b] A gold processing plant is processing 200 tonnes of ore of grade 2.0 g/T. This ore is being processed using 5 reactors in series at residence time of 6.5 hours. The slurry carrying the ore contained a solid to liquid ratio of 2.5. The solution that is produced contained about 0.78 g/T of gold. What is the percentage of recovery in this plant?

Satu loji pemprosesan emas memproses 200 tan bijih yang bergred 2.0 g/T. Bijih ini telah diproses menggunakan 5 reaktor secara bersiri dengan masa residens 6.5 jam. Slurri yang mengandungi bijih ini mempunyai nisbah pepejal cecair 2:5. Larutan yang terhasil mengandungi sebanyak 0.78 g/T emas. Apakah peratus perolehan loji ini?

(40 marks/markah)

- [c] Briefly explain with a sketch, what is topochemical leaching?

Terangkan secara ringkas dengan bantuan lakaran, apakah pelarutlesapan topokimia?

(20 marks/markah)

3. [a] Describe briefly with the aid of a flowsheet, the CLEAR Process - a hydrometallurgical processes for treating chalcopyrite concentrates using the CuCl_2 leaching system.

Huraikan secara ringkas dengan bantuan satu cartalir, proses CLEAR – satu proses hidrometalurgi bagi merawat konsentrat chalkopirit menggunakan sistem pelarutlesapan CuCl_2 .

(50 marks/markah)

- [b] With the aid of a typical flow sheet for a CIP and CIL plant, describe the various unit operations that constitute a carbon-in-pulp and carbon-in-leach plant in the recovery of gold and silver.

Dengan bantuan satu cartalir bagi loji CIP dan CIL, huraikan pelbagai unit operasi yang terdapat dalam loji karbon-dalam-pulpa dan karbon-dalam-larutlesapan dalam perolehan emas dan perak.

(50 marks/markah)

4. [a] What is solvent liquid-liquid extraction? With the use of equilibrium isotherms diagram, demonstrate numerically the loading and stripping processes in this solvent extraction technique.

Apakah dia pengekstrakan pelarut cecair-cecair? Dengan menggunakan gambarajah isoterma keseimbangan, paparkan secara numerik process pengisian dan pelucutan dalam teknik pengekstrakan pelarut.

(50 marks/markah)

- [b] Table 1 below gives equilibrium data for copper in an aqueous liquor solution of dump leaching at pH 2.0 in contact with kerosene which contain about 15% v/v LIX 64N at 23°C.

Consider a process where the solvent extract the copper from the aqueous solution containing about 1.30 kg/m³ with the volume ratio of 0.725 m³ organic per m³ aqueous phase. The aqueous solution leaves the process at 0.20 kg/m³ Cu, where as, the organic phase that leaves the process contain 3.60 kg/m³ Cu.

Jadual 1 berikut memberikan data keseimbangan bagi kuprum dalam satu larutan akuas likor pelarutlesapan timbunan pada pH 2.0 bersentuhan dengan kerosin yang mengandungi 15% v/v LIX 64N pada 23°C.

Pertimbangkan satu proses yang mana pelarut tersebut mengekstrakkan kuprum dari larutan akuas yang mengandungi sebanyak 1.30 kg/m³ dengan satu nisbah isipadu 0.725 m³ organik per m³ fasa akuas. Larutan akuas meninggalkan proses pada 0.20 kg/m³ Cu, manakala aliran fasa organik yang keluar meninggalkan proses mengandungi 3.60 kg/m³ Cu.

Table 1 - Equilibrium data for copper in an aqueous solution of dump leaching

Jadual 1 - Data keseimbangan bagi kuprum dalam satu larutan akuas likor pelarutlesapan timbunan

X kg Cu /m ³	0.2	0.6	0.8	1.2	1.4
Y kg Cu /m ³	1.0	2.4	2.94	3.64	3.86

- (i) Calculate the number of theoretical stages required to reduce the content of copper from 1.30 kg/m³ to 0.20 kg/m³.

Kirakan bilangan peringkat teori yang diperlukan untuk menurunkan kandungan kuprum dari 1.30 kg/m³ kepada 0.20 kg/m³.

(35 marks/markah)

- (ii) Calculate the percent of copper extracted.

Kirakan peratus kuprum yang terekstrak.

(15 marks/markah)

5. [a] The leaching of a desired mineral in a leaching solution involves adequate contacting of solids and solution, the speed of agitation, the pulp density, concentration of reagent and the residence 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 the metal as a function of time.

Pelarutlesapan satu mineral yang dikehendaki dalam satu larutan pelarutlesapan melibatkan sentuhan secukupnya antara pepejal dan larutan, kadar pengadukan, ketumpatan pulpa, kepekatan reagen dan masa residens untuk pelarutan lengkap dan seterusnya pemisahan larutan dari pepejal. Rajah 1 adalah lengkuk pelarutlesapan menunjukkan peratus pengekstrakan logam sebagai satu fungsi masa.

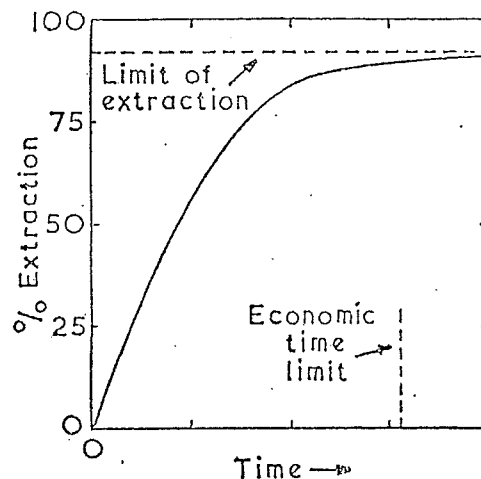


Figure 1 - Typical leaching curve showing the percent extraction versus time in the leaching of a mineral

Rajah 1 - Lengkuh pelarutlesapan tipikal yang menunjukkan peratus pengekstrakan melawan masa dalam pelarutlesapan suatu bijih

Briefly explain how the surface area of mineral particles, diffusion of reactants and insoluble reaction products would cause a decrease in the leaching rate with time as shown in Figure 1 above.

Secara ringkas terangkan bagaimana luas permukaan partikel mineral, peresapan reaktan dan hasil tindakbalas yang tak larut akan menyebabkan penurunan dalam kadar pelarutlesapan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1 di atas.

(50 marks/markah)

- [b] In a dump leaching process, 12,000 ton of ore has been processed. The ore containing 0.32% copper in the oxide form has undergone leaching process using the liquor solution from the electrolytic plant.

From the data given in Table 2, calculate the efficiency of extraction. From the unrecovered residual copper, compute the fraction of copper that is in the tailing and in the undissolved fraction.

Dalam suatu proses pelarutlesapan timbunan, sebanyak 12,000 tan bijih telah diproses. Bijih tersebut mengandungi 0.32% kuprum dalam bentuk oksida, yang telah menjalani proses pelarutlesapan menggunakan larutan likor dari loji elektrolitik.

Dari data yang diberikan dalam Jadual 2, kirakan kecekapan pengekstrakan. Dari baki kuprum yang tidak diperolehi, kirakan pecahan yang tertinggal dalam hampas dan pecahan yang tidak larut.

Table 2 - Copper heap leaching data**Jadual 2 - Data pelarutlesapan timbunan bagi kuprum**

Solution added <i>Larutan ditambah</i>			Solution removed <i>Larutan dikeluarkan</i>		
Ton	% Cu	Cu (T)	Ton	% Cu	Cu (T)
2000	1.6	32.0	2200	2.10	46.2
2200	1.1	24.2	2500	2.00	50.0
2500	1.2	30.0	2300	1.75	40.25
2700	1.6	43.2	2400	1.45	34.8
2200	1.5	33.0	2000	1.20	24
2000	0.3	6.00	1700	0.40	6.8
300	-				
13,900	Total Cu <i>Jumlah Cu</i>	168.4	13,100	Total Cu <i>Jumlah Cu</i>	202.05

(50 marks/markah)

6. [a] Reduction of metallic ions from aqueous 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 dijalankan mengikut salah satu kaedah berikut:

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

Huraikan secara ringkas kedua-dua proses ini.

(30 marks/markah)

- [b] On a production tonnage basis, the most widely used metal recovery technique from aqueous solution is electrolysis. Give four essential components for an electrolytic cell and state the two laws of electrolysis.

Pada asas pengeluaran dalam tan, teknik perolehan logam dari larutan akueus yang paling banyak digunakan adalah elektrolisis. Berikan empat komponen utama bagi satu sel elektrolisis dan nyatakan dua hukum elektrolisis.

(30 marks/markah)

- [c] An electrolytic lead refinery makes 200 metric ton of refined lead per day. Current density is 200 A/m^2 , parallel system. Anodes and cathodes (immersed portion) are $50 \times 80 \text{ cm}$. There are 20 anodes and 21 cathodes in each tank. The ampere efficiency of deposition is 93%. Volts per tank is 0.4. Distance from anode to cathode is 3 cm. Find;

- (i) The average number of tanks in operation
- (ii) The power required by the generator
- (iii) The resistivity of the electrolyte

Given; At. Wt of Pb = 207.2 g/mole

Kilang penapisan elektrolitik plumbum menghasilkan 200 metrik ton plumbum yang ditulen setiap hari. Ketumpatan semasa ialah 200 A/m^2 , dalam sistem selari. Anod-anod dan katod-katod (bahagian tenggelam) adalah $50 \times 80 \text{ cm}$. Terdapat 20 anod dan 21 katod dalam setiap tangki. Kecekapan ampere pemendapan adalah 93%. Voltan per tangki adalah 0.4. Jarak dari anod ke katod adalah 3 cm.

Tentukan:

- (i) *Bilangan purata tangki dalam operasi*
- (ii) *Kuasa generator yang diperlukan*
- (iii) *Resistiviti elektrolit*

Diberi: Berat atom Pb=207.2 g/mol

(40 marks/markah)

7. [a] Metal placed above Mn in the e.m.f. series are too reactive to be produced from aqueous solutions. These metals can be produced by electrolysis only if non-aqueous media such as molten salts are employed. Briefly describe the advantages and disadvantages of molten salt electrolysis.

Logam yang tersenarai atas Mn dalam siri e.m.f. adalah sangat reaktif untuk dihasilkan dari larutan akuas. Logam-logam ini hanya boleh dihasilkan melalui elektrolisis hanya jika media bukan akuas seperti garam terlarut digunakan. Terangkan dengan ringkas kebaikan dan keburukan elektrolisis garam terlarut.

(30 marks/markah)

- [b] In industry, the production of aluminium is carried out using molten cryolite bath. Write the chemical reactions that occur at the graphite anode and molten aluminium which acted as the cathode. Briefly explain why the process cannot achieve 100% efficiency (in industry the efficiency differs from 88% - 95%).

Dalam industri, penghasilan aluminium dijalankan menggunakan leburan krayolit. Tuliskan tindakbalas kimia yang berlaku pada anod grafit dan pada leburan aluminium yang bertindak sebagai katod. Terangkan secara ringkas mengapa kecekapan proses tidak boleh mencapai 100% (dalam industri kecekapan ini berbeza dari 88% - 95%).

(30 marks/markah)

- [c] 100 metric tons of a copper concentrate averaging 21% are to be processed in 3 months (with 20 working days per month and 8 hour working hours per day). The concentrate is to be leached by sulphuric acid and the solution electrolyzed. Estimate the minimum rating (voltage and current) of the power supply unit for 14 cells in series.

Given: E° (cathode) = $-0.447V$, E° (anode) = $1.24V$ and $F = 96,500C$.

100 tan metrik konsentrat kuprum dengan kandungan purata 21% kuprum akan diproseskan dalam masa 3 bulan (dalam tempoh 20 hari bekerja setiap bulan dan 8 jam waktu bekerja sehari). Konsentrat akan dilarutlesapkan menggunakan asid sulfurik dan larutan dielektrolisiskan. Anggarkan kadar minima (voltan dan arus) unit bekalan tenaga bagi 14 sel yang disusun bersiri.

Diberikan: E° (katod) = $-0.447V$, E° (anod) = $1.24V$ dan $F = 96,500C$.

(40 marks/markah)