

LAMPIRAN D3



PENYEMAKAN KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN  
*Proof-reading of Examination Question Paper*

Untuk Kegunaan Seksyen Peperiksaan dan Pengijazahan	
Nombor Sampul	
Tarikh Peperiksaan	
Sesi Peperiksaan	PAGI / PETANG

Gunakan satu proforma untuk satu kertas soalan peperiksaan.  
*Use separate proforma for each Question Paper*

Kepada : Ketua Penolong Pendaftar  
Seksyen Peperiksaan dan Pengijazahan

SAYA/KAMI TELAH MENYEMAK SALINAN-SALINAN KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN BERTAIP YANG DISEBUTKAN DI BAWAH INI :

*I/We have checked the typed copies of the Examination Paper stated below :*

Kod Kursus : EBS 315/3 Tajuk Kursus : Hidro metalurgi  
*Course Code Course Title*  
Hydro metallurgy

Jangka Masa Peperiksaan : 3 Jam Bilangan Muka Surat Bertaip : 16 Muka Surat : 5 Bilangan Soalan Yang Perlu Dijawab : 5 Soalan  
*Duration of Examination Hours Number of typed pages Pages Number of questions required to be answered Questions*

Soalan-soalan dijawab atas : <i>Questions to be answered in :</i>	BUKU JAWAPAN <i>Answer Book</i>	OMR <i>OMR Form</i>	JAWAB DALAM KERTAS SOALAN <i>Answer In Question Paper</i>
Sila (✓) Please (✓)	✓		

DENGAN INI DISAHKAN BAHAWA KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN INI ADALAH TERATUR, BETUL DAN SEDIA UNTUK DICETAK.  
*Certified that this question paper is in order, correct and ready for printing.*

Nama Pemeriksa : Dr. Norlia Baharan Tandatangan : [Signature] Tarikh : 31/10/16  
*Name of Examiner(s) Signature Date*  
Huruf Besar Dr. Suhaina Ismail [Signature] 27/10/16  
*In Block Capitals*

Tandatangan dan Cpp Rasmi : PROFESSOR DR. ZUHAILAWATI HUSSAIN Tarikh : 21.11.16  
*Signature and Official Seal Date*  
Dean  
School of Materials and Mineral Resources Engineering  
Engineering Campus  
Universiti Sains Malaysia

NOTA : Pemeriksa-pemeriksa yang menyediakan kertas soalan peperiksaan adalah bertanggungjawab atas ketepatan isi kandungan kertas soalan peperiksaan berkenaan.  
*NOTE : Accuracy of the contents of the question paper is the responsibility of the Examiner(s) who set the question paper.*

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

## EBS 315/3 – Hydrometallurgy [Hidrometalurgi]

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

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

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM 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 in the examination questions, the English version shall be used.  
*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]*

1. [a] What are the characteristics of the mineral deposits suitable for in-situ leaching or also known as solution mining?

With the aid of a sketch, describe the process of solution mining or in-situ leaching in the recovery of minerals. Distinguish between stope leaching and bore-hole solution mining.

*Apakah ciri-ciri endapan mineral yang sesuai bagi pelarutlesapan setempat atau dikenali juga sebagai perlombongan larutan?*

*Dengan bantuan satu lakaran, terangkan proses perlombongan larutan atau pelarutlesapan setempat dalam perolehan logam. Nyatakan perbezaan yang ketara antara pelarutlesapan stope dan "bore-hole solution mining".*

(40 marks/markah)

- [b] In agitation leaching, high grade fines are leached in a reactor vessel. Stirring can be achieved either mechanically (paddles inside the agitation tank) or by using compressed air. Sketch the design of a Pachuka tank and describe the mechanism of agitation.

*Dalam pelarutlesapan pengadukkan, bijih halus bergred tinggi dilarutlesapkan dalam satu tangki reaktor. Pengadukkan dilakukan sama ada secara mekanikal (menggunakan pengaduk dalam tangki) atau menggunakan udara termampat. Lakarkan rekabentuk satu tangki Pachuka dan terangkan mekanisme pengadukannya.*

(25 marks/markah)

[c] Figure 1 shows the column leaching test from an initial metallurgical test work for the same two samples. The progress of leaching for one run-of-mine (ROM) sample is shown versus the curve for a crushed size of 80% minus 9.5 mm. The run-of-mine sample was an uncrushed, blast-sized material.

Rajah 1 menunjukkan ujian kolom dari kajian awal kerja uji metalurgi bagi dua sampel yang sama. Pelarutlesapan yang berlangsung bagi satu sampel "run-of-mine (ROM) ditunjukkan melawan kelok bagi saiz sampel yang telah dikisar 80% di bawah 9.5 mm. Sampel "run-of-mine (ROM) tersebut tidak dikisar dan ia adalah bahan langsung dari peletupan.

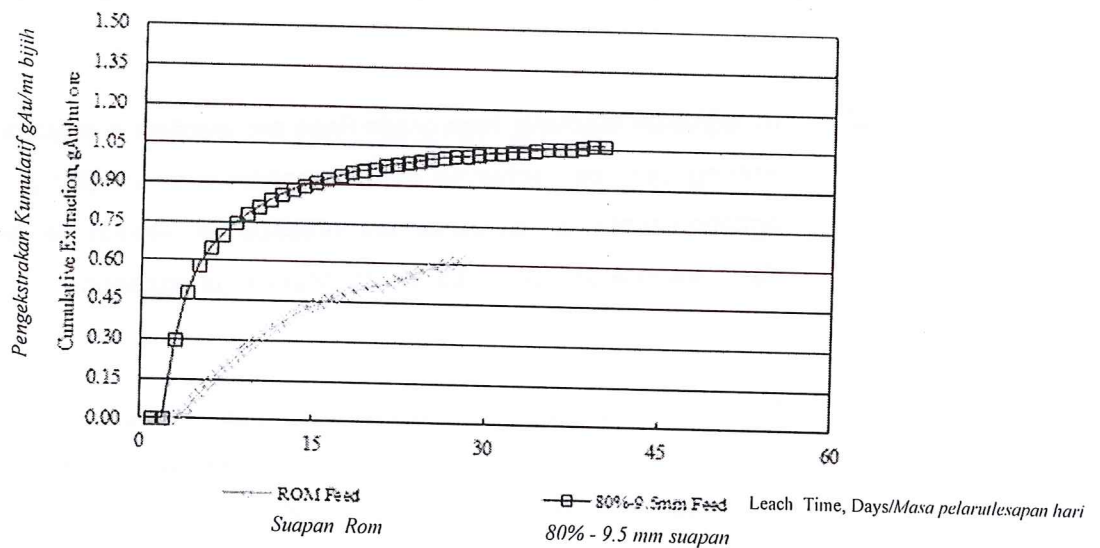


Figure 1: Extraction of Au from a column leaching test for uncrushed ROM sample versus the curve for a crushed size ore of 80% minus 9.5 mm, for the same two samples.

Rajah 1: Pengekstrakan Au dari ujian pelarutlesapan kolom bagi bijih ROM yang tidak dikisar melawan kelok saiz bijih yang telah dikisar 80% dibawah 9.5mm, bagi dua sampel yang sama.

Figure 1 shows that for the crushed ore, the Au extraction rate is progressing at a significant rate at the end of the column test. Discuss the leaching curve for the ROM as compared to the crushed ore. Will the ROM achieve the same recoveries as the minus 9.5 mm ore, if given ample time? Give your reasons as to how adequate contacting between solids and solution and the time to allow for complete dissolution would affect the extend of extraction.

*Rajah 1, menunjukkan bagi bijih yang telah dikisar, kadarcepat pengekstrakan emas berlangsung pada kadar yang ketara pada peringkat akhir ujian kolom. Bincangkan kelok pelarutlesapan bagi ROM berbanding dengan bijih yang telah dikisar. Adakah ROM akan mencapai perolehan yang sama dengan bijih bersaiz di bawah 9.5 mm, jika diberikan masa yang secukupnya? Berikan alasan anda bagaimana sentuhan secukupnya antara pepejal dan larutan dan masa untuk pelarutan lengkap akan mempengaruhi sejauh mana pengekstrakan itu berlaku.*

(35 marks/markah)

2. [a] Using block diagram, draw of a typical flow sheet for a carbon-in-pulp (CIP) plant for Au and Ag recovery. Discuss briefly.

*Menggunakan gambarajah blok, lukiskan satu carta alir bagi satu loji karbon-dalam pulpa (CIP) bagi perolehan Au dan Ag. Terangkan secara ringkas.*

(25 marks/markah)

- [b] Describe the leaching, carbon adsorption, stripping process from the activated carbon and finally the electrolytic process, with relevant equations involved in the recovery of the gold.

*Terangkan proses pelarutlesapan, penjerapan karbon, proses pelucutan emas dari karbon teraktif dan akhir sekali, proses elektrolitik, dengan persamaan-persamaan yang terlibat dalam perolehan Au dan Ag.*

(35 marks/markah)

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

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

Process ore:

*Bijih yang diproses:*

Flotation oxide concentrate (mostly carbonate)  
*Konsentrat oksida pengapungan (kebanyakan karbonat)*

% Cu 16 (13% acid soluble) / *terlarut asid*  
Ton/day (Tan/hari) 2000

Roasted Calcined  
*Pemangangan terkalsin*

% Cu 24  
Ton/day (Tan/hari) 300

Cu leached /day 300 Ton  
*Kuprum dilarutlesapkan/hari 300 Tan*

Leaching time 2 hours  
*Masa pelarutlesapan 2 jam*

No. of leaching cycles/day 10  
*Bil. kitar pelarutlesapan/hari*

Leachant composition (used electrolyte)  
*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>

Pregnant solution composition  
*Komposisi larutan pregnan*

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

Find the:

Cari:

- (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.*

(40 marks/markah)

3. [a] With the aid of a sketch or diagrams, describe the principles of heap leaching method for the recovery of metals from their ores. State the characteristics and sketch the general lay-out of a heap leaching plant.

*Dengan bantuan satu lakaran atau gambarajah, terangkan prinsip kaedah pelarutlesapan himpunan bagi perolehan logam dari bijihnya. Tuliskan ciri-ciri dan lakarkan pelan umum suatu loji pelarutlesapan himpunan tersebut.*

(30 marks/markah)

- [b] Describe the heap leaching process in the recovery of gold and write the extraction and the zinc precipitation equation using the Merrill-Crowe process. How does this recovery process differ for copper ores?

*Terangkan proses pelarutlesapan himpunan dalam perolehan emas dan tuliskan persamaan pengekstrakan dan pemendakan zink menggunakan proses Merrill-Crowe dalam perolehan logam emas.*

*Bagaimanakah proses perolehan ini berbeza bagi bijih kuprum?*

(35 marks/markah)

- [c] Figures 2 and 3, exhibit the  $E_H - pH$  diagram for Au-H<sub>2</sub>O system and the effect of reagent addition on the solubility of gold in the Au-CN-H<sub>2</sub>O system at 25°C respectively.

*Rajah 2 dan 3, menunjukkan gambarajah  $E_H - pH$  bagi sistem Au-H<sub>2</sub>O dan kesan penambahan reagen ke atas pelarutan emas dalam sistem Au-CN-H<sub>2</sub>O pada 25°C masing-masing.*

With the reference to the  $E_H - pH$  diagrams:

*Dengan merujuk kepada gambarajah  $E_H - pH$ :*

- (i) Briefly explain the stability position of the metallic gold at the pH and potential as shown. Can gold dissolve in water?

*Terangkan posisi kestabilan logam emas pada pH dan keupayaan yang ditunjukkan. Bolehkah emas larut dalam air?*

(15 marks/markah)

- (ii) Briefly explains the effect of addition of NaCN reagent or the presence of cyanide ion on the potential-pH diagram for this Au-CN-H<sub>2</sub>O system.

*Terangkan kesan penambahan reagen NaCN atau kehadiran ion sianida ke atas gambarajah keupayaan-pH untuk sistem Au-CN-H<sub>2</sub>O.*

(20 marks/markah)



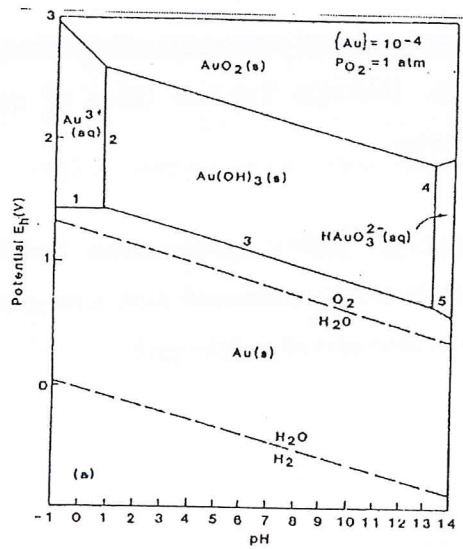


Figure 2 :  $E_H$  - pH diagram for Au-H<sub>2</sub>O system at 25°C  
(for metal ion activity of  $10^{-3}$  mol/kg)

Rajah 2 : Gambarajah  $E_H$  - pH bagi sistem Au-H<sub>2</sub>O pada 25°C  
(bagi aktiviti ion logam  $10^{-3}$  mol/kg)

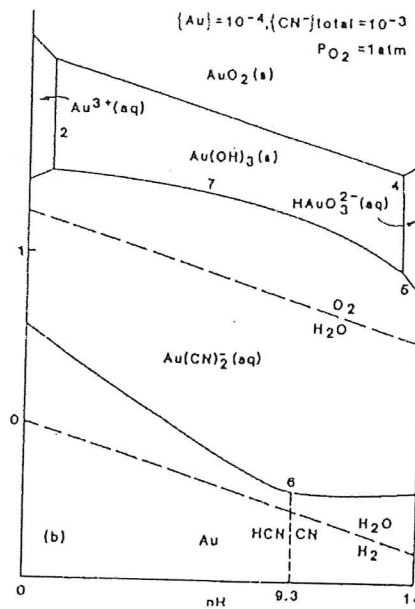


Figure 3 :  $E_H$  - pH diagram for Au-CN-H<sub>2</sub>O system at 25°C  
(for metal ion activity of  $10^{-3}$  mol/kg at 25°C)

Rajah 3 : Gambarajah  $E_H$  - pH bagi sistem Au-CN-H<sub>2</sub>O pada 25°C  
(bagi aktiviti ion logam  $10^{-3}$  mol/kg)

4. [a] In solvent extraction, multi-stage contacting is essential. With the aid of block diagrams, describe the two types of contactors in a batch extraction process.

*Dalam pengekstrakan pelarut, penyentuhan berbilang-peringkat adalah penting. Dengan bantuan gambarajah blok, terangkan dua jenis penyentuh dalam satu proses pengekstrakan kelompok.*

(25 marks/markah)

- [b] Several processes have been developed to leach copper from chalcopyrite concentrates via hydrometallurgical leaching of the copper component of chalcopyrite concentrates, followed by solvent extraction and electrowinning. One of the process is to recover copper from the chloride leach liquor. Describe briefly with the aid of a schematic diagram, the CYMET Process - a hydrometallurgical process for treating chalcopyrite concentrates using the  $\text{FeCl}_3$  leaching system.

*Beberapa proses telah dibangunkan untuk melarutlesapkan kuprum dari konsentrat kalkopirit melalui pelarutlesapan hidrometallurgi komponen kuprum dalam konsentrat kalkopirit, diikuti dengan pengekstrakan pelarut dan eletrolehan. Salah satu proses adalah perolehan kuprum dari likor pelarutlesapan klorida. Terangkan secara ringkas dengan bantuan gambarajah skema, Proses CYMET- satu proses hidrometallurgi dalam merawat konsentrat kalkopirit menggunakan sistem pelarutlesapan  $\text{FeCl}_3$ .*

(30 marks/markah)

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

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

Table 1 : Equilibrium data for copper

*Jadual 1 : Data keseimbangan bagi kuprum*

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

Consider a process where the solvent extract the copper from the aqueous solution containing about 1.30 kg/m<sup>3</sup> with the volume ratio of 0.725 m<sup>3</sup> organic per m<sup>3</sup> aqueous phase. The aqueous solution leaves the process at 0.20 kg/m<sup>3</sup> Cu, where as the organic phase that leaves the process contain about 3.60 kg/m<sup>3</sup> Cu.

*Pertimbangkan satu proses di mana pelarut tersebut mengekstrakkan kuprum dari larutan akuas yang mengandungi sebanyak 1.30 kg/m<sup>3</sup> dengan satu nisbah isipadu 0.725 m<sup>3</sup> organik per m<sup>3</sup> fasa akuas. Larutan akuas meninggalkan proses pada 0.20 kg/m<sup>3</sup> Cu, manakala aliran fasa organik yang keluar meninggalkan proses mengandungi 3.60 kg/m<sup>3</sup> Cu.*

- (i) Calculate the number of theoretical stages required to reduce the content of copper from 1.30 kg/m<sup>3</sup> to 0.20 kg/m<sup>3</sup>.

*Kirakan bilangan peringkat teori yang diperlukan untuk menurunkan kandungan kuprum dari 1.30 kg/m<sup>3</sup> kepada 0.20 kg/m<sup>3</sup>.*

(25 marks/markah)

- (ii) Calculate the percent of copper extracted.

*Kirakan peratus kuprum yang terekstrak.*

(20 marks/markah)

...11/-

5. [a] (i) The adsorption of metal ions onto the ion-exchange resin is a heterogeneous process between the solution and solid phases. Describe the sorption and elution process.

*Penjerapan ion-ion logam ke atas resin penukaran ion ialah satu proses heterogen antara fasa larutan dan pepejal. Terangkan proses penjerapan dan perlucutan ini.*

(30 marks/markah)

- (ii) In column operation, the "breakthrough capacity" is also a significant parameter. Explain the breakthrough capacity in the sorption process.

*Dalam operasi kolum, "muatan bulus" ini adalah satu parameter penting. Terangkan muatan bulus ini dalam proses penjerapan.*

(25 marks/markah)

- [b] There are three major mechanisms of bacterial leaching. Describe the bacterial leaching mechanism in each, giving the appropriate chemical equations. In each case, explain how the micro-organisms liberate the metal from its ore.

What are the advantages and limitations of microbial leaching?

*Ada tiga mekanisma utama dalam pelarutlesapan bakteria. Terangkan setiap mekanisma, dengan memberikan persamaan kimia yang sesuai. Untuk setiap kes, terangkan juga bagaimana mikroorganisma ini membebaskan logam dari bijihnya.*

*Apakah kebaikan dan batasan dalam pelarutlesapan bakteria?*

(45 marks/markah)

6. [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 akueus 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] Figure 4 shows the precipitation diagram for metal hydroxide. The diagram demonstrates the considerable range of pH over which the different metals precipitate as hydroxide. By using this diagram, give two types of information that you can get from this diagram and state the limitations.

*Rajah 4 menunjukkan gambarajah pemendakan logam hidroksida. Gambarajah menunjukkan julat pH yang dipertimbangkan untuk pelbagai logam yang akan termendak sebagai hidroksida. Dengan menggunakan gambarajah ini, berikan dua jenis maklumat yang anda perolehi dan nyatakan hadnya.*

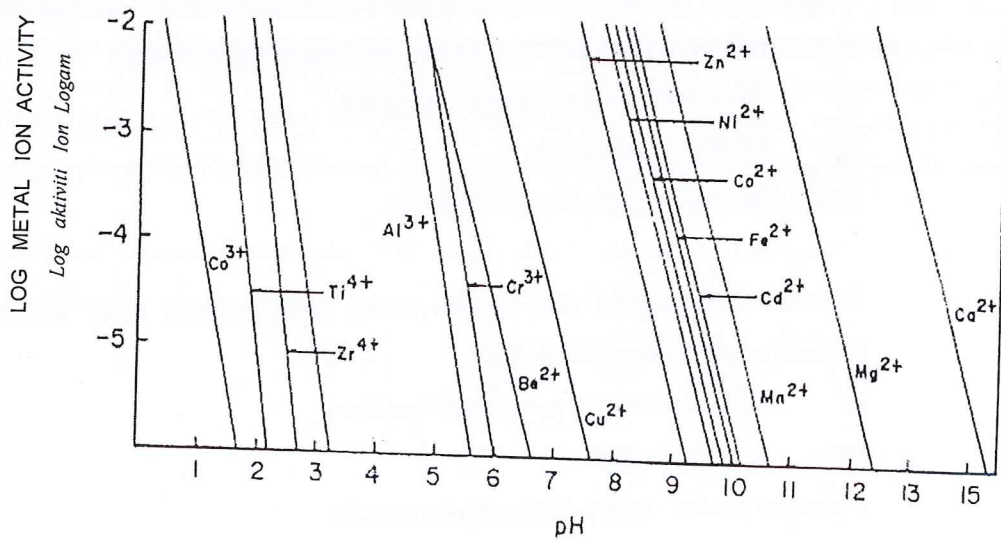


Figure 4: Precipitation diagram for metal hydroxide/solubility

Rajah 4 : Gambarajah pemendakan logam hidrokksida

(15 marks/markah)

- [c] 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  $270 \text{ A/m}^2$ , the average distant 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  $270 \text{ A/m}^2$ , 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, tentukan;

- (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)

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

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

(20 marks/markah)

- [b] Aluminum is almost exclusively extracted from purified alumina by the Hall-Heroult electro-winning process. The alumina must be of high purity and is produced by the purification of bauxite using the Bayer Process.

*Hampir kesemua Aluminium diekstrak secara eksklusif daripada alumina tulen melalui proses elektrolehan Hall-Heroult. Alumina mestilah berketulenan tinggi dan ianya dihasilkan melalui penulenan bauksit dengan menggunakan proses Bayer.*

- (i) State the essential difference between an electrowinning and electrorefining process for aluminium.

*Nyatakan perbezaan yang penting antara elektrolehan dan elektrotulenan bagi aluminium.*

(20 marks/markah)

- (ii) With the aid of diagram, draw a cross section of aluminium electrowinning cell.

*Dengan bantuan gambarajah, lukiskan keratan rentas sel elektrolehan aluminium.*

(20 marks/markah)

- (iii) Write the electrowinning reactions for the aluminium and what are the products at the cathode and anode.

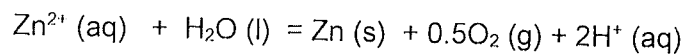
*Tuliskan tindakbalas elektrolehan bagi aluminium dan apakah hasil pada katod dan anod.*

(20 marks/markah)

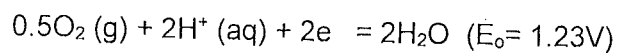


- [c] Zinc metal is recovered using electrolysis method of an acidic solutions of  $\text{ZnSO}_4$  solution using a zinc cathode and a lead (inert) anode. Calculate the cell voltage at standard conditions using the following data. State the assumption made in the calculation.

*Logam zink diperolehi dengan menggunakan kaedah elektrolisis dalam larutan  $\text{ZnSO}_4$  yang berasid, zink digunakan sebagai katod dan plumbum (lengai) sebagai anod. Kirakan voltan sel pada keadaan piawai dengan menggunakan data berikut. Nyatakan andaian yang boleh dibuat dalam pengiraan tersebut.*



(Overall reaction/Tindak balas keseluruhan)



(20 marks/markah)

