

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2004/2005

Oktober 2004

**EBS 315/3– Hidrometalurgi**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi 7 soalan.

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

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

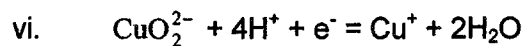
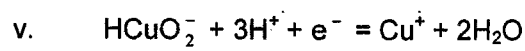
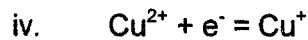
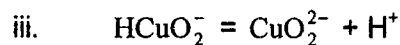
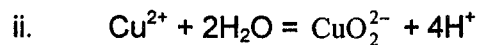
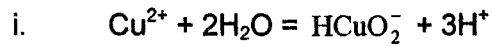
Semua jawapan hendaklah dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Gambarajah keupayaan-pH (Pourbaix) bagi air boleh diperolehi dengan mempertimbangkan tindakbalas penguraian air secara elektrolisis. Berdasarkan kepada penyelesaian persamaan tindakbalas pada anod dan katod yang telah dipermudahkan, binakan satu gambarajah Pourbaix bagi air. Tunjukkan kawasan kestabilan termodinamik bagi air pada 25°C.

Bincangkan secara ringkas, tiga zon yang ketara di atas gambarajah pada keupayaan elektrod dan pH yang berbeza.

(25 markah)

- (b) Diberikan persamaan-persamaan tindakbalas berikut:



Di atas gambarajah Pourbaix yang sama dalam (a) dan menggunakan kesemua persamaan tindakbalas di atas, binakan satu gambarajah Pourbaix bagi sistem Cu-H<sub>2</sub>O menggunakan nilai-nilai keupayaan kimia bagi spesi-spesi yang hadir seperti yang diberikan dalam Jadual 1.

Diberikan:  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$F = 96,500 \text{ C mol}^{-1}$

**Jadual 1 : Nilai –nilai keupayaan kimia piawai bagi spesi-spesi yang hadir**

Pepejal	$\mu^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Zat Pelarut	$\mu^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
Cu	0	Cu <sup>+</sup>	50.2
Cu <sub>2</sub> O	-146.2	Cu <sup>2+</sup>	64.9
		HCuO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-256.7
CuO	-127.1	CuO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	-181.8
		H <sup>+</sup>	0
Pelarut H <sub>2</sub> O	-237.0		

Anggapkan keaktifan spesi – spesi kimia yang wujud dalam satu persamaan itu mempunyai keaktifan yang sama.

(50 markah)

- (c) Termodinamik pelarutlesapan oksida boleh diterangkan dari gambarajah Pourbaix. Dari gambarajah Pourbaix yang anda binakan dalam (b) bagi sistem Cu-H<sub>2</sub>O pada 25°C dan dengan salingtindihkan ekuilibria logam-air ke atas gambarajah *E-pH* bagi H<sub>2</sub>O, perihalkan kestabilan termodinamik spesi-spesi yang wujud dalam sistem tersebut.

(15 markah)

- (d) Dalam keadaan apakah pelarutan kuprum oksida (CuO) itu adalah mungkin dalam larutan berasid dan beralkali? Penerangan anda mesti melibatkan persamaan kimia dan keadaan proses itu berlangsung.

(10 markah)

...4/-

2. Pilih sebarang **dua** tajuk yang berikut:

- (a) Terangkan apakah yang dimaksudkan dari istilah-istilah berikut berhubung dengan pengekstrakan pelarut:
- i. Penyentuh Differensial
  - ii. Penyentuh Berperingkat
  - iii. Ketinggian Ekuivalen kepada Peringkat Teori

Huraikan secara ringkas (dengan bantuan sketsa) satu contoh bagi setiap (i) dan (ii) dan bandingkan dari sudut masalah rekabentuk, aplikasi dalam hidrometalurgi dan ekonomi penggunaannya. Apakah kriteria lain yang boleh mempengaruhi pilihan jenis penyentuh dalam satu proses pengekstrakan pelarut?

(50 markah)

- (b) Proses pelarutlesapan atau pelarutan adalah langkah prerequisit dalam semua proses Hidrometalurgi. Bincangkan secara terperinci semua aspek kimia pelarutan yang harus diambilkira dalam perolehan suatu mineral berharga dari suatu bijih atau konsentrat menggunakan suatu lixivian atau pelarut. Berikan contoh-contoh mudah semua jenis-jenis tindakbalas dalam larutan akuas.

(50 markah)

- (c) Apakah yang anda faham tentang istilah pengestrakan dan pelarutlesapan? Perlombongan pelarutan (solution mining) atau teknik "in-situ" adalah satu kaedah alternatif bagi perolehan logam dari bijih kompleks atau bergred rendah dengan memasukkan larutan pelarutlesapan secara langsung ke dalam jasad bijih tersebut. Bincangkan secara ringkas (dengan bantuan gambarajah), pelbagai aspek operasi perlombongan pelarutan, termasuk penyediaan bijih, pelarutlesapan "in-situ", larutan pelarutlesapan dan proses dan perolehan logam dari larutan pelarutlesapan. Apakah kebaikan dan had teknologi ini berbanding dengan kaedah-kaedah perlombongan yang lazim?

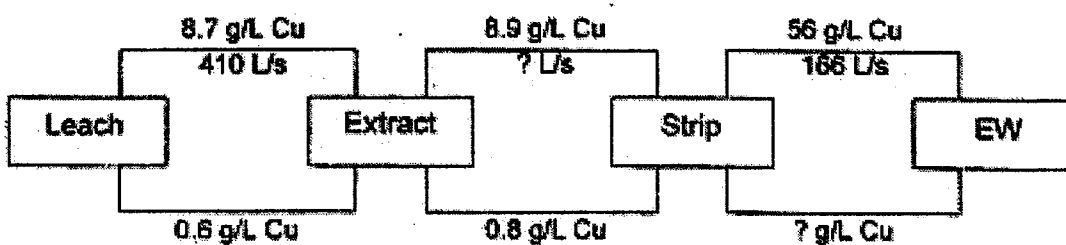
(50 markah)

- (d) Pelbagai mikroorganisma telah dikaitkan dengan pelarutlesapan bakteria bagi mineral-mineral. Huraikan proses-proses yang digunakan untuk mengekstrak kuprum dari bijahnya menggunakan pelarutlesapan bakteria. 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. Apakah kebaikan dan keburukan menggunakan pelarutlesapan bakteria berbanding dengan kaedah-kaedah pengestrakan tradisional?

(50 markah)

3. Larutan pelarutlesapan pregnan dari operasi pelarutlesapan himpunan ditulinkan dan dikonsentratkan melalui pengestrakan pelarut sebelum elektrolean kuprum.
- (a) Menggunakan carta alir mudah SX (Rajah 3) dan data keseimbangan (Jadual 3) yang diberikan di bawah bagi proses ini, plotkan gambarajah McCabe-Thiele bagi langkah pengestrakan tersebut. Berapakah bilangan peringkat yang terlibat dalam litar pengestrakan?  
(50 markah)
- (b) Apakah peratus kuprum yang terekstrak?  
(15 markah)
- (c) Apakah peratus kuprum yang mungkin diekstrakkan jika satu lagi peringkat ditambahkan?  
(20 markah)
- (d) Apakah peratus kuprum yang dilucutkan?  
(15 markah)

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

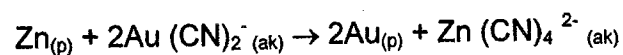


Rajah 3 : Gambarajah carta alir bagi proses pengestrakan pelarut yang mudah

**Jadual 3 : Data keseimbangan bagi pengekstrakan isoterma**

Kepekatan akwas kuprum (g/L)	Kepekatan organik kuprum (g/L)
0.0	0.0
0.5	3.3
1.3	5.7
2.7	8.1
4.0	9.4

4. (a) Kimia bagi proses Merrill-Crowe dalam pensimenan emas ke atas zink boleh diwakili oleh tindakbalas redoks berikut:



- i. Apakah keadaan pengoksidaan bagi spesi-spesi yang terlibat dalam pemindahan elektron? Apakah spesi-spesi yang dioksidakan dan diturunkan?

(10 markah)

- ii. Tuliskan tindakbalas setengah yang seimbang bagi anod dan katod.

(10 markah)

- (b) Bolehkah pengoksidaan emas dijalankan tanpa oksigen? Penerangan anda menunjukkan persamaan kimia dan keadaan proses.

(15 markah)

- (c) Mengapakah sianida digunakan dalam hidrometalurgi emas? Penerangan anda mesti menunjukkan persamaan kimia dan keadaan proses.

(15 markah)

- (d) Bincangkan secara ringkas penjerapan emas ke atas karbon teraktif dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses penjerapan?

Apakah perbezaan di antara dua sistem reaktor (CIP dan CIL) yang telah digunakan dalam litar penjerapan emas?

(Anda dikehendaki menunjukkan persamaan-persamaan, gambarajah dan carta alir di mana perlu).

(50 markah)



5. (a) Satu ujian kelompok untuk pelarutlesapan  $\text{Cu}_2\text{S}$  dalam ferik sulfat pada  $90^\circ\text{C}$  pada  $\text{Fe}^{2+}/\text{Cu} = 2$ , memberikan keputusan berikut:

**Jadual 5 : Data ujian pelarutlesapan kelompok bagi  $\text{Cu}_2\text{S}$  dalam ferik sulfat**

<b>Pecahan logam terekstrak [M]</b>	0	0.30	0.50	0.60	0.70	0.80	0.85
<b>Masa (Jam)</b>	0	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0

Jika bijih dilarutlesap dalam satu sistem reaktor bersiri (arus selari) dengan masa retensi selama 30 minit dalam setiap reaktor dan kepekatan logam asal dalam larutan licen (yang kembali dari loji perolehan) mempunyai  $[M]_s = 0.1$ , apakah kepekatan logam dalam larutan yang keluar dari reaktor ketiga?

Apakah pula nilai ini jika masa retensi adalah 1 jam dalam setiap reaktor?

Berapa bilangan peringkatkah yang diperlukan untuk menghasilkan 80% pengekstrakan logam menggunakan kedua-dua masa retensi?

(60 markah)

(b) Bincangkan secara ringkas sifat-sifat berikut sebagai satu pengukuran kecekapan suatu resin penukar ion:

- i. Faktor pemisahan
- ii. Muatan penukar ion
- iii. Muatan bulus

(40 markah)

6. (a) Diberikan data dalam Jadual 6 berikutnya, kirakan tenaga bebas penurunan Ni dengan hidrogen dalam larutan asid sulfurik pada 298K. Berikan pendapat anda mengenai kespontanan proses yang berlaku.

**Jadual 6 : Nilai-nilai keupayaan kimia piawai dan keaktifan bagi spesi-spesi yang terlibat dalam sistem**

Spesi	$\mu^0$ (kal/mol)	Keaktifan
H <sup>+</sup>	0.0	0.1
H <sub>2</sub>	0.0	1
Ni	0.0	1
Ni <sup>++</sup>	-11,530	0.5

Diberikan:  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}$   
 $F = 96,500 \text{ C mol}^{-1}$   
 $1 \text{ kal} = 4.184 \text{ J}$

(60 markah)

(b) Pengeapan Ni dengan penyuntikan gas penurunan (H<sub>2</sub>) dari larutan biasanya dicapai dengan menggunakan autoklaf iaitu pada suhu dan tekanan tinggi dalam kehadiran ammonia.

Berikan penjelasan mengapa proses pengeapan mesti dijalankan dalam autoklaf mengandungi ammonia. Penerangan anda mesti melibatkan persamaan kimia dan keadaan proses itu berlangsung.

(40 markah)

...11/-

7. (a) Dalam elektrolisis Zink dari larutan Zink sulfat, voltan sel dan kecekapan arus katodik berubah dengan ketumpatan arus katodik. Kirakan penggunaan tenaga elektrik dalam kilowatt jam per kg Zn yang terhasil jika proses dijalankan dengan keupayaan sel sebanyak 2.7 V dan kecekapan arus katodik pada 90 %.
- (Diberikan Berat Molekul Zn: 65.4 g/mol)

(50 markah)

- (b) Kecekapan proses bergantung kepada sejauhmana pembentukan hidrogen boleh diturunkan. Terangkan mengapa penganapan zink boleh dijalankan dengan kecekapan tinggi walaupun pembebasan hidrogen dan penganapan zink berlaku serentak.

(50 markah)