



**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Pertama**

**Sidang Akademik 1997/98**

**September 1997**

**EBB 316/3 - KAKISAN & DEGRADASI**

**Masa: [3 jam]**

---

**Arahan kepada Calon:-**

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA (5)** muka surat bercetak dan **LIMA (5)** **LAMPIRAN** sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan.

Jawab mana-mana **LIMA (5)** soalan sahaja.

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

Semua soalan mesti di jawab dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. [i] Bincangkan dengan ringkas kepentingan-kepentingan kakisan.  
(50 markah)

[ii] Mengapa kakisan pembopongan dianggap sebagai pemusnah walaupun kadar kakisan yang dicatatkan adalah rendah.  
(20 markah)

[iii] Ujian kakisan di makmal ke atas dua aloi di dalam larutan tertentu menunjukkan keputusan berikut :

Bahan	Ketumpatan Bahan ( $\text{gcm}^{-3}$ )	Hilang Berat (gmd)	Faktor Pembopongan
A	2.5	40	1
B	6.8	7	8

Hitungkan penusukan maksimum dalam milimeter untuk setiap bahan di penghujung tahun. Komen ke atas jenis kakisan pada bahan A dan B.

(30 markah)

2. [a] Apakah perbezaan utama di antara siri emf (daya penggerak elektromotif) dan siri galvani. Jelaskan.  
(50 markah)

...3/-

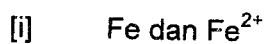
- [b] Apakah emf suatu sel yang terdiri daripada elektrod zink dan elektrod hidrogen ( $P_{H_2} = 2 \text{ atm}$ ) di dalam larutan zink sulfat (aktiviti  $Zn^{2+} = 1$ ) yang mempunyai  $pH = 1$ . Apakah polariti sel dan elektrod manakah anod.

(50 markah)

3. [a] Bina gambarajah Pourbaix untuk sistem air. Jelaskan kekesanan gambarajah berhubung dengan kakisan.

(50 markah)

- (b) Merujuk kepada gambarajah Pourbaix untuk besi seperti yang diberikan di Rajah S3, labelkan zon-zon yang pelbagai dan jelaskan kepentingan-kepentingan zon-zon tersebut. Tuliskan tindakbalas keseimbangan untuk garisan yang memisahkan



(50 markah)

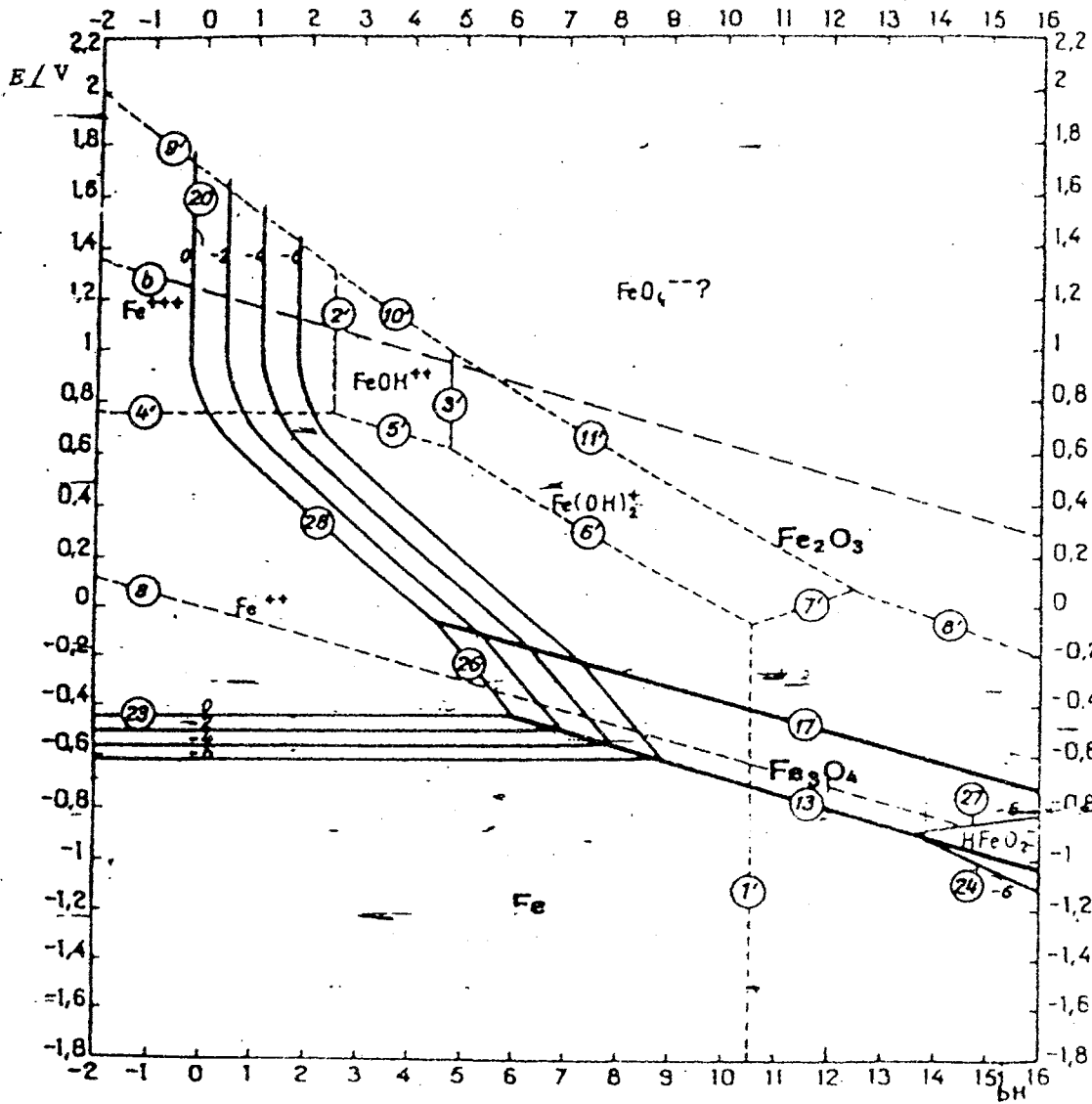
4. [a] Jawab **BENAR** atau **SALAH** dan jelaskan.  
(Tiada markah akan diberikan untuk jawapan tanpa penjelasan).
- [i] Untuk meminimumkan kesan galvanik, adalah digalakkan untuk mempunyai nisbah luas anod ke katod yang tinggi.
  - [ii] Tindakbalas penurunan oksigen tidak boleh berlaku di dalam larutan asid.
  - [iii] Tindakan serentak tegasan dan kakisan diperlukan untuk perambatan retak di dalam retakan kakisan tegasan.
  - [iv] Kakisan lesu adalah suatu fenomena apabila logam patah setelah dikenakan tegasan kitar yang berulang-ulang di dalam persekitaran mengkakis.
  - [v] Perlindungan katod boleh dicapai dengan menghubungkan suatu logam kepada katod.
- (75 markah)
- [b] Tulis nota ringkas berkenaan prinsip-prinsip elektrokimia di sebalik perlindungan anod.
- (25 markah)
5. [a] Kecerunan pengutuban linear  $dE/di$  pada ketumpatan arus rendah untuk besi di dalam larutan mengkakis adalah  $2 \text{ mV}/\mu\text{Acm}^{-2}$ . Menggunakan persamaan Stern-Geary, hitungkan kadar kakisan dalam unit gmd. Andaikan  $\beta_a = \beta_c = 0.1V$ .
- (50 markah)
- ...5/-

- [b] Keupayaan-lampau pengaktifan anod  $\eta$  untuk ketumpatan arus kenaan yang kecil  $i$  mematuhi perhubungan  $\eta = ki$ . Terbitkan nilai  $k$  dalam bentuk ketumpatan arus pertukaran  $i_0$ , andaikan  $\beta_a = |\beta_c| = 0.1$  V.
- (50 markah)
6. [a] Kadar tindakbalas dalam pengoksidaan suhu tinggi bergantung samada filem oksida terbentuk adalah pelindung semasa pertumbuhan atau sebaliknya.  
Jelaskan tiga persamaan utama yang menyatakan ketebalan,  $y$  suatu filem atau kerak terbentuk ke atas sebarang logam dengan masa,  $t$ .
- (60 markah)
- [b] Jelaskan nisbah Pilling-Bedworth. Apakah sesetengah faktor yang akan memberi kesan ke atas keutuhan filem pelindung.
- (40 markah)
7. Bincangkan kakisan keluli di dalam konkrit. Perbincangan perlu meliputi degradasi penutup konkrit, kakisan keluli, dan teknik-teknik untuk menentukan darjah atau tahap kakisan dan cadangan-cadangan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut.
- (100 markah)

ooOoo



Appendix 1 - Pourbaix Diagram For Iron-water.



Potential-pH equilibrium diagram for the system iron-water, at 25°C (considering as solid substances only  $Fe$ ,  $Fe_3O_4$ , and  $Fe_2O_3$ ).

Rajah S.3

Appendix 2 - Electromotive Force Series.

TABLE 2. Electromotive Force Series

Electrode Reaction	Standard Potential $\phi^\circ$ (in volts) at 25°C
$\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$	1.50
$\text{Pt}^{2+} + 2e = \text{Pt}$	ca. 1.2
$\text{Pd}^{2+} + 2e = \text{Pd}$	0.987
$\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}$	0.854
$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$	0.800
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e = 2\text{Hg}$	0.789
$\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}$	0.521
$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	0.337
$2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$	0.000
$\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$	-0.126
$\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}$	-0.136
$\text{Mo}^{3+} + 3e = \text{Mo}$	ca. -0.2
$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	-0.250
$\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}$	-0.277
$\text{Tl}^+ + e = \text{Tl}$	-0.336
$\text{In}^{3+} + 3e = \text{In}$	-0.342
$\text{Cd}^{2+} + 2e = \text{Cd}$	-0.403
$\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$	-0.440
$\text{Ga}^{3+} + 3e = \text{Ga}$	-0.53
$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$	-0.74
$\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}$	-0.91
$\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}$	-0.763
$\text{Nb}^{3+} + 3e = \text{Nb}$	ca. -1.1
$\text{Mn}^{2+} + 2e = \text{Mn}$	-1.18
$\text{Zr}^{4+} + 4e = \text{Zr}$	-1.53
$\text{Ti}^{2+} + 2e = \text{Ti}$	-1.63
$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	-1.66
$\text{Hf}^{4+} + 4e = \text{Hf}$	-1.70
$\text{U}^{3+} + 3e = \text{U}$	-1.80
$\text{Be}^{2+} + 2e = \text{Be}$	-1.85
$\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$	-2.37
$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	-2.71
$\text{Ca}^{2+} + 2e = \text{Ca}$	-2.87
$\text{K}^+ + e = \text{K}$	-2.93
$\text{Li}^+ + e = \text{Li}$	-3.05



### Appendix 3 - Standard Potentials.

STANDARD POTENTIALS<sup>a</sup> (25°C)

	$\phi$ (volts)
$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e^- \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.9
$\text{Co}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	1.82
$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.685
$\text{NiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.68
$\text{Mn}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	1.51
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.455
$\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.3595
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1.33
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.229 <sup>b</sup>
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.0652
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.771
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	0.682
$\text{I}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0.5355
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	0.401
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	0.2676
$\text{AgCl} + e^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0.222
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0.17
$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightarrow \text{Cu}^+$	0.153
$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	0.15
$\text{AgBr} + e^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Br}^-$	0.095
$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + e^- \rightarrow \text{Cu} + 2\text{NH}_3$	-0.12
$\text{Ag}(\text{CN})_2^- + e^- \rightarrow \text{Ag} + 2\text{CN}^-$	-0.31
$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.356
$\text{HPbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{Pb} + 3\text{OH}^-$	-0.54
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.828
$\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn} + 4\text{NH}_3$	-1.03

<sup>a</sup> Data from *Oxidation Potentials*, W. Latimer, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1952 (with permission).

<sup>b</sup> At pH 7, 0.2 atm  $\text{O}_2$ ,  $\phi = 0.81$  V.

## Appendix 4 - Conversion Factors and Additional Conversion Factors.

### CONVERSION FACTORS\*

Multiply millimeters penetration per year (*mm/y*) by  $2.74 \times \text{density (g/cm}^3\text{)}$  to obtain grams per square meter per day (*gmd*)

Multiply *gmd* by  $0.365/\text{density}$  to obtain *mm/y*.

Metal	Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.74 × Density	0.365/density
Aluminum	2.70	7.40	0.135
Brass (red)	8.75	24.0	0.0417
Brass (yellow)	8.47	23.2	0.0431
Cadmium	8.65	23.7	0.0422
Columbium	8.57	23.5	0.0426
Copper	8.96	24.6	0.0407
Copper-Nickel (70-30)	8.95	24.5	0.0408
Iron	7.87	21.6	0.0464
Iron-Silicon (Duriron) (84-14.5)	7.0	19.2	0.0521
Lead (chemical)	11.35	31.1	0.0322
Magnesium	1.74	4.77	0.210

### CONVERSION FACTORS\* (Continued)

Metal	Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.74 × Density	0.365 density
Nickel	8.90	24.4	0.0410
Nickel-Copper (Monel) (70-30)	8.84	24.2	0.0413
Silver	10.49	28.7	0.0348
Tantalum	16.6	45.5	0.0220
Tin	7.30	20.0	0.0500
Titanium	4.51	12.4	0.0809
Zinc	7.13	19.5	0.0512
Zirconium	6.49	17.8	0.0562

\* Multiply inches penetration per year (*ipy*) by  $696 \times \text{density}$  to obtain milligrams per square decimeter per day (*mdd*). Multiply *mdd* by  $0.00144/\text{density}$  to obtain *ipy*.

### ADDITIONAL CONVERSION FACTORS

Multiply	by	to obtain
<i>ipy</i>	25.4	<i>mm/y</i>
<i>mdd</i>	0.1	<i>gmd</i>
<i>mA/cm</i> <sup>2</sup>	10	<i>A/m</i> <sup>2</sup>
<i>A/m</i> <sup>2</sup>	0.093	<i>A/ft</i> <sup>2</sup>
<i>psi</i>	$6.89 \times 10^3$	<i>Pa</i> (pascals)
<i>Å</i>	0.1	<i>nm</i> (nanometer)

Appendix 5 - Current Density Equivalent To A Corrosion Rate Of 1gmd.

**CURRENT DENSITY EQUIVALENT  
TO A CORROSION RATE OF 1  
GMD**

$$1 \text{ gmd} = 1.117n/W \text{ amperes per square meter}$$

where  $W$  is the gram atomic weight\*

Reaction	A/m <sup>2</sup>
Al → Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	0.124
Cd → Cd <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0199
Cu → Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0352
Fe → Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0400
Fe → Fe <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	0.0600
Pb → Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0108
Mg → Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0919
Ni → Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0381
Sn → Sn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0188
Zn → Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0.0342

\* Multiply A/m<sup>2</sup> by 0.1 to obtain mA/cm<sup>2</sup>

