



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.

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 (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

[i] Fe dan Fe^{2+}

[ii] Fe^{2+} dan Fe_2O_3 , dan hitungkan kecerunan bagi setiap kes.

(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 η 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.

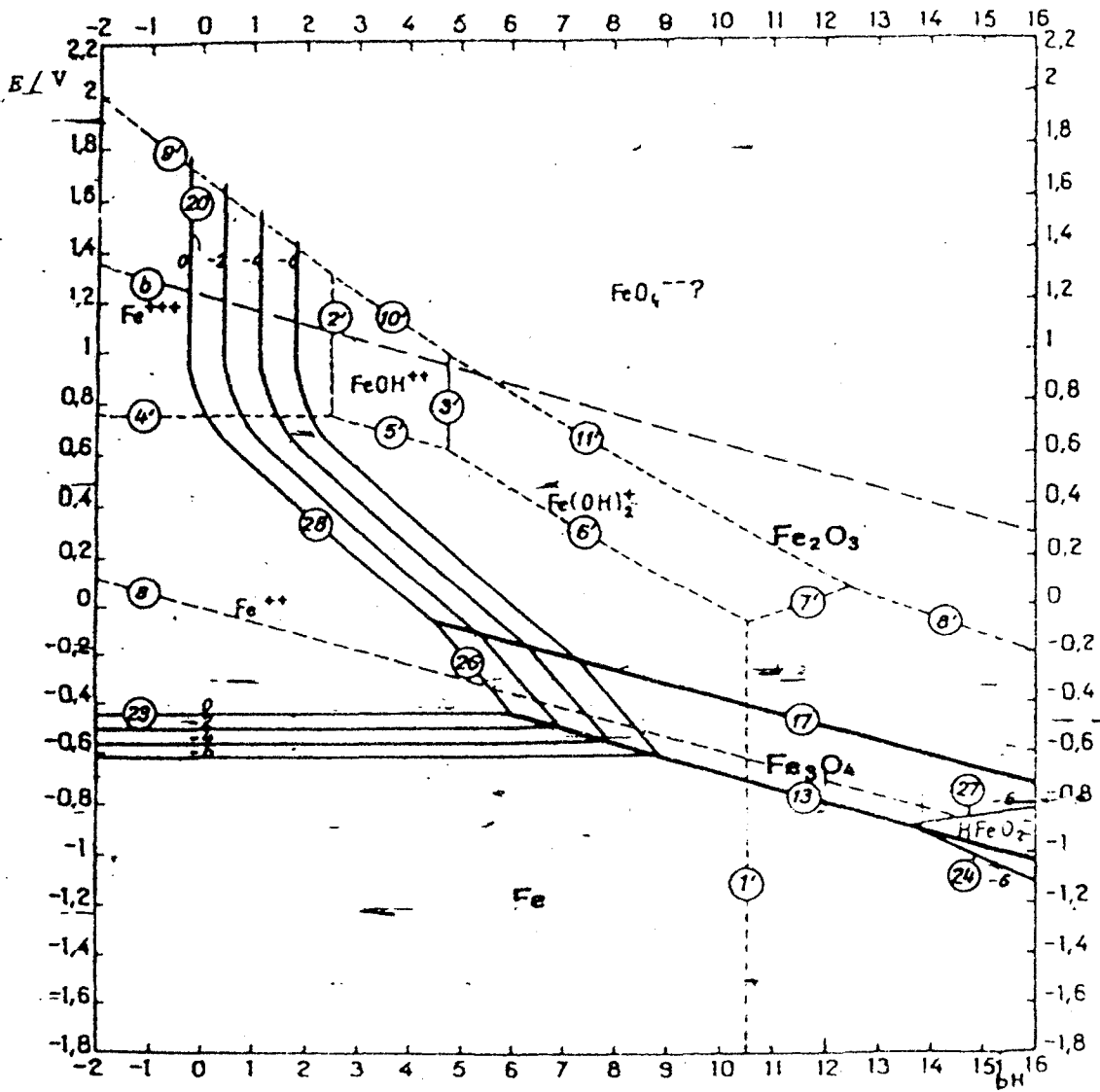
(40 markah)

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, Fe₂O₃, and Fe₃O₄.)

Rajah S.3

Appendix 2 - Electromotive Force Series.

TABLE 2. Electromotive Force Series

Electrode Reaction	Standard Potential ϕ° (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
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e = \text{Hg}$	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
$\text{Ce}^{3+} + 2e = \text{Ce}$	-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* (25°C)

	ϕ (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 ^b
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	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

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

^b At pH 7, 0.2 atm O₂, $\phi = 0.81$ V.

Appendix 4 - Conversion Factors and Additional Conversion Factors.

CONVERSION FACTORS*

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

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

Metal	Density (g/cm^3)	$2.74 \times \text{Density}$	$0.365/\text{density}$
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^3)	$2.74 \times \text{Density}$	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/yr</i>
<i>mdd</i>	0.1	<i>gmd</i>
mA/cm^2	10	A/m^2
A/m^2	0.093	A/ft^2
psi	6.89×10^4	Pa (pascals)
Å	0.1	nm (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 weight¹

Reaction	A/m ²
$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e$	0.124
$\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2e$	0.0199
$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e$	0.0352
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$	0.0400
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3e$	0.0600
$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e$	0.0108
$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e$	0.0919
$\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e$	0.0381
$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e$	0.0188
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e$	0.0342

¹ Multiply A/m² by 0.1 to obtain mA/cm²