

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

## **EBB 316/3– Kakisan & Degradasi**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH muka surat yang bercetak dan DUA muka surat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi LAPAN soalan.

Jawab LIMA soalan. Jawab sekurang-kurangnya DUA soalan dari Bahagian A dan Bahagian B. 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.

**BAHAGIAN A**

1. Tunjukkan untuk keupayaan lampau yang kecil,  $\eta$ , bahawa persamaan Butler-Volmer boleh dimudahkan kepada  $I = (i_0 n F \eta) / RT$ . Gunakan penghampiran piawai  $e^x = 1 + x$  untuk nilai  $x$  yang kecil. Jika  $\alpha = 0.5$ ,  $n = 1$ ,  $R = 8.314 \text{ J/deg-mol}$ ,  $F = 96500 \text{ C/mol}$  dan  $T = 298\text{K}$ , tunjukkan bahawa penghampiran ini memperkenalkan suatu ralat  $< 1\%$  untuk  $\eta < 0.01\text{V}$ .

(100 markah)

2. (a) Apakah ketumpatan arus pertukaran? Apakah signifikan fizikalnya? Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi magnitudnya?

(30 markah)

- (b) Lukiskan gambarajah kinetik-kakisan ( $E$  lwn  $\log i$ ) untuk suatu logam  $M$  terkakis di dalam larutan asid di bawah kawalan pengaktifan. Label dengan jelas dan tunjukkan kadar kakisan sistem ini,  $i_{\text{kak}}$ . Apakah kesan ke atas kadar kakisan dengan perubahan-perubahan berikut:

- i. peningkatan  $i_0$  untuk tindakbalas  $M = M^+ + e$ ?
- ii. peningkatan  $i_0$  untuk tindakbalas  $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$ ?
- iv. anjakan keupayaan berbalik logam  $M = M^+ + e$  ke suatu nilai lebih adi (+ve)?
- iv. peningkatan nilai  $\beta$  (cerun Tafel) untuk tindakbalas pelarutan logam?

(70 markah)

3. Data berikut adalah untuk kakisan besi di dalam air neutral dalam keadaan keseimbangan dengan udara.

Data: Untuk tindakbalas  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} = \text{Fe}$

$$E^0_{\text{Fe} / \text{Fe}^{2+}} = -0.44\text{V (SHE)}$$

$$a_{\text{Fe}^{2+}} = 10^{-6}$$

Konstan Tafel  $\beta_1 = 0.06\text{V/dekad}$ ,

$$i_0 = 10^{-11} \text{ A cm}^{-2}$$

Untuk tindakbalas  $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$

Konstan Tafel,  $\beta_2 = 0.12\text{V/dekad}$ ,

$$i_0 = 10^{10} \text{ A cm}^{-2} \text{ pada pH7.}$$

Keupayaan kakisan,  $E_{\text{kak}}$  ke atas besi di dalam air berudara pada pH7 adalah  $-0.45\text{V (SHE)}$ .

Dapatkan arus katod untuk penurunan oksigen dalam proses kakisan ini dan tunjukkan bahawa penurunan oksigen adalah penurunan katod yang dominan.

(100 markah)

4. (a) Diberikan gambarajah Pourbaix kosong untuk sistem besi-air pada  $25^\circ\text{C}$ . Lihat Lampiran A. Labelkan fasa-fasa yang hadir,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Tandakan juga di atas gambarajah tersebut kawasan-kawasan mangli, kakisan dan pasiviti. Garisan-garisan (a) dan (b) mewakili pemecahan air. Tuliskan tindakbalas mewakili garisan (a) dan garisan (b).

(60 markah)

- (b) Apakah yang dimaksudkan dengan kepasifan. Jelaskan. Lukiskan keluk pengutuban anod untuk logam pasif tipikal dan labelkan ciri-ciri penting keluk tersebut.

(40 markah)

...4/-

**BAHAGIAN B**

5. (a) Tentukan sifat-sifat keluli nirkarat dalam jadual berikut menurut +, ++ atau +++ sekiranya sifat-sifat adalah kuat (+ adalah baik, ++ adalah cemerlang dan +++ adalah sangat cemerlang) dan – atau = jika sifat-sifatnya lemah (- adalah lemah, = adalah sangat lemah).

Sifat-sifat	Austenit	Ferit	Duplex	Martensit	Pengerasan celahan
Keboleh bentukan					
Keboleh kimpalan					
Rintangan haus					
Kekuatan					
Rintangan kepada kakisan					
Rintangan kepada kakisan pembopongan					
Rintangan kepada SCC akibat klorida					

Seterusnya nyatakan secara ringkas:

- Nombor PRE bagi keluli nirkarat
- CPT keluli nirkarat

(70 markah)

...5/-

- (b) Dalam kajian penyelidikan, oksigen terlarut ditentukan dalam satu seri tanah. Kadar kakisan keluli umumnya meningkat dengan kandungan oksigen terlarut untuk kebanyakan tanah. (i) Terangkan kelakuan ini. (ii) Di satu tanah, bagaimanapun mempunyai kandungan oksigen terlarut yang sangat rendah, tetapi menunjukkan kadar kakisan setempat yang sangat tinggi. Cadangkan sifat-sifat yang mungkin bagi tanah ini yang menunjukkan tahap pemerhatian kakisan yang tinggi.

(30 markah)

6. Kakisan daripada paip keluli dalaman yang digunakan untuk memindahkan air berudara pada 25°C adalah di bawah kawalan kadar penyerapan.

Data:

- Kelarutan gas oksigen tulen dalam air pada 25°C adalah 41.5 mg/l.  
Pekali resapan bagi  $O_2$  dalam air pada 25°C adalah  $2.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ .  
Tebal dari lapisan sempadan genangan adalah 200 $\mu\text{m}$ .  
Anggapkan keluli mengandungi 100% Fe.  
Berat atom bagi besi adalah 55.85 dan oksigen adalah 16.  
Ketumpatan jisim Fe adalah 7.8 g/cm<sup>3</sup>.

Sejenis penghapus sisa oksigen ditambahkan ke dalam air untuk mengurangkan kadar kakisan bagi paip keluli. Tentukan kadar kakisan bagi keluli (mpy) selepas dirawat dengan oksigen apabila keupayaan perencatannya 99.9%.

(70 markah)

- (b) Terangkan secara ringkas pernyataan-pernyataan di bawah:
- Kesan kesekerjaan
  - Pemasif
  - Racun hidrogen
  - Perencat fasa wap

(30 markah)

7. (a) Satu perlindungan katodik bagi paip tersalut (diameter 356 mm, ketebalan 12.7 mm dan panjang 10 km) dicadangkan menggunakan anod karbon berbilang. Setiap groundbed akan terdiri dari 5 anod magnesium dan jarak di antara dua anod dalam satu groundbed di cadangkan sejauh 2 m.

Data:

- Kerintangan tanah =  $2000\Omega\text{cm}$
- Ketumpatan arus pengawalan yang dibenarkan =  $0.5\text{ mA/m}^2$
- Kapasiti anod magnesium,  $K = 1200\text{ Ahr/kg}$
- Keupayaan perubahan dari anod ( $\Delta E$ ) yang dicadangkan adalah 0.7 volt
- Dimensi anod: panjang = 50 cm; diameter = 12 cm  
Dimensi kambus balik (termasuk anod): panjang = 80 cm;  
Diameter = 20 cm
- Berat bagi satu anod: 8 kg

**Rekabentuk sistem perlindungan katod.**

(80 markah)

- (b) Terangkan secara ringkas perbezaan di antara perlindungan katod dan perlindungan anod.

(20 markah)

8. (a) Jelaskan dengan ringkas mengenai mengapakah kadar kakisan keluli tervalganis, kebiasaannya lebih rendah daripada keluli lembut?. Kadar kakisan bagi keluli tergalvanis akan bergantung kepada kepekatan pencemaran dalam atmosfera, lakarkan satu gambarajah yang menunjukkan perbandingan bagi kerintangan kakisan terhadap keluli tergalvanis dalam atmosfera-atmosfera kawasan pedalaman, perindustrian dan laut. Mengapakah tetulang bar keluli yang digunakan dalam struktur konkrit laut tidak dicadangkan untuk digalvanisasikan? Bincangkan secara ringkas.
- (20 markah)
- (b) Satu keluli disadur dengan kromium melalui kaedah elektropenyaduran. Larutan elektropenyaduran adalah asid kromit yang mengandungi asid sulfurik bebas. Kecekapan pemendakan adalah 15% dan ketumpatan arus adalah  $200\text{mA/cm}^2$ . Ketumpatan jisim bagi lapisan kromium adalah  $7.2\text{ g/cm}^3$  dan berat atomnya adalah 52.0. Dengan menganggap proses elektropenyaduran terjadi secara seragam pada permukaan keluli, kirakan tempoh elektropenyaduran bagi memperolehi  $30\ \mu\text{m}$  lapisan kromium. Tuliskan tindak balas anod dan katod selama penyaduran kromium dan jelaskan objektif dari penyaduran kromium pada keluli.
- (60 markah)
- (c) Jelaskan secara ringkas kaedah-kaedah perlindungan yang boleh digunakan untuk melindungi kewujudan cerucuk keluli di tengah laut.
- (20 markah)





**LAMPIRAN B**

Rumus-rumus di bawah boleh membantu Anda mengingat rumus-rumus yang diperlukan untuk menyelesaikan soalan-soalan Bahagian B.

$$r_{\text{eff}} = \left[ \frac{U \cdot x \cdot \text{initial} \cdot \cos s \cdot \text{section.area}}{\pi} \right]^{1/2}$$

$$R_v = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[ \ln \frac{4 \cdot l}{r} - 1 \right] \text{ ohm}$$

$$F = 1 + \frac{\rho}{\pi \cdot S_a \cdot R_{v \cdot \text{total}}} \ln(0.656 \cdot x \cdot n)$$

$$i_T = i_L = \frac{nFD(C_\infty)}{\delta}$$

$$w = \frac{(I) \cdot (t) \cdot (\text{Mol.weight}) \cdot (\text{eff.})}{(F) \cdot (n)} \text{ gram} \quad F = 96487 \text{ ampere.sec./mol.eq}$$

$R_{\text{eff}}$	= jejari berkesan	$i_L$	= ketumpatan arus had
$R_v$	= rintangan anod vertikal	$n$	= bilangan anod dalam satu groundbed
$\rho$	= ketumpatan rintangan	$D$	= ketumpatan penyerapan
$l$	= panjang anod/kambus balik	$C_\infty$	= kepekatan dalam larutan
$R_v$	= rintangan anod vertikal	$\delta$	= jarak lapis penyerapan
$S_a$	= jarak antara 2 anod	$I$	= arus pemendakan
$i_T$	= ketumpatan arus total		
$\text{eff}$	= kecekapan pemendakan		
$U$	= keratan rentas semula + keratan rentas akhir		