

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

## EBB 316/3 – Corrosion & Degradation *[Kakisan & Degradasi]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

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

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

This paper consists of THREE questions from PART A and FOUR questions from PART B.

*[Kertas soalan ini mengandungi TIGA soalan dari BAHAGIAN A dan EMPAT soalan dari BAHAGIAN B.]*

**Instruction:** Answer ALL questions from PART A, and TWO questions from PART B. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab SEMUA soalan dari BAHAGIAN A, dan DUA soalan dari BAHAGIAN B. 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, the English version must be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

**PART A / BAHAGIAN A**

1. [a] Briefly explain the differences between oxidation and reduction in electrochemical reactions. Which reaction occurs at the anode and which at cathode?

*Terangkan dengan ringkas perbezaan di antara tindakbalas elektrokimia pengoksidaan dan penurunan. Tindakbalas yang manakah terjadi di anod dan di katod?*

(30 marks/markah)

- [b] Half of an electrochemical cell consists of a pure nickel electrode in a solution of  $\text{Ni}^{2+}$  ions. The other half is a cadmium electrode immersed in a  $\text{Cd}^{2+}$  solution. If the cell concentration is one, write the spontaneous overall reaction and calculate the voltage that is generated. Compute the cell potential at  $25^\circ\text{C}$  if the  $\text{Cd}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$  concentrations are 0.25 and  $10^{-3}$  M, respectively. Is the spontaneous reaction direction still the same as for the standard cell?

*Setengah sel elektrokimia mengandungi nikel tulen sebagai elektrod di dalam larutan ion  $\text{Ni}^{2+}$ . Setengah yang lain pula mengandungi kadmium tulen sebagai elektrod terendam di dalam larutan ion  $\text{Cd}^{2+}$ . Jika kepekatan larutan adalah satu, tuliskan tindakbalas spontan keseluruhan dan kirakan voltan terhasil. Tentukan keupayaan sel pada  $25^\circ\text{C}$  jika kepekatan  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Ni}^{2+}$  adalah 0.25 dan  $10^{-3}$  M masing-masing. Adakah arah tindakbalas spontan masih lagi sama seperti sel piawai?*

(40 marks/markah)

- [c] Describe 5 (five) types of degradation processes of polymers. How does it affect the properties of polymeric materials.

*Terangkan lima jenis proses degradasi melibatkan bahan-bahan polimer. Bagaimanakah kesannya terhadap sifat-sifat bahan polimer.*

(30 marks/markah)

2. [a] What is impedance?

*Apakah impedan?*

(10 marks/markah)

- [b] Recommend a simple test for electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurement.

*Cadangkan satu ujian mudah untuk pengukuran spektroskop impedan elektrokimia.*

(30 marks/markah)

- [c] Explain corrosion behavior in (i), (ii) and (iii) based on Nyquist plot in Figure 1.

*Terangkan perlakuan pengkaratan dalam (i), (ii) dan (iii) berdasarkan plot Nyquist seperti Rajah 1.*

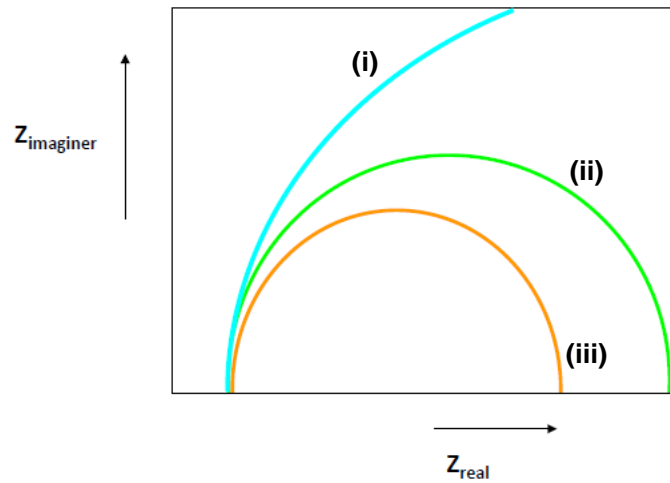
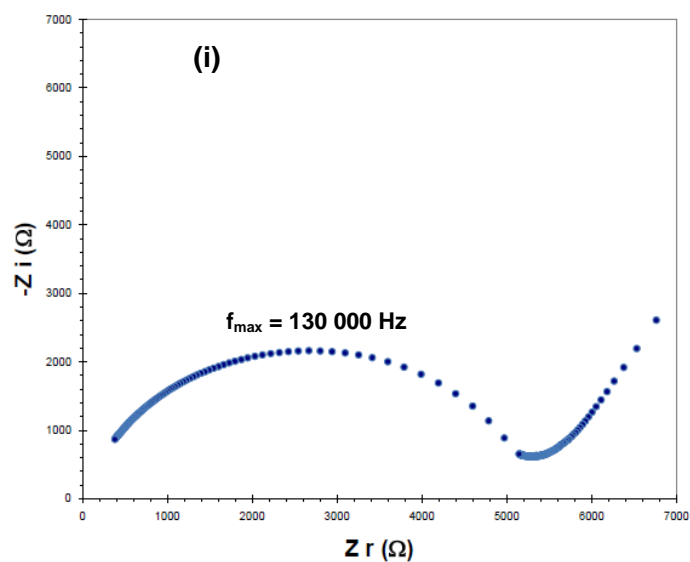


Figure 1 / Rajah 1

(20 marks/markah)

- [d] Figure 2 (i) and (i) show the Nyquist plots produced from EIS measurement. Calculate double layer capacitance ( $C_{dl}$ ) of the samples.

Rajah 2 (i) dan (ii) menunjukkan plot Nyquist dihasilkan daripada pengukuran EIS. Kirakan kapasitan dua lapis ( $C_{dl}$ ) untuk sampel-sampel ini.



...5/-

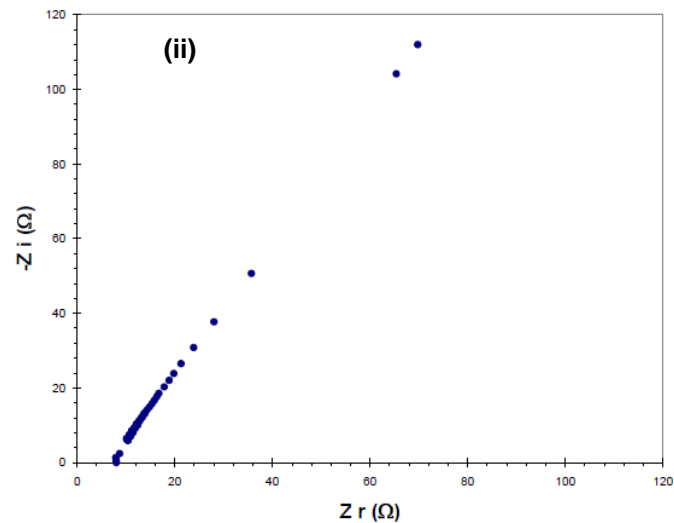


Figure 2 / Rajah 2

(40 marks/markah)

3. [a] Discuss and illustrate three possible causes of corrosion on steel pipe which is buried under ground. In your illustrations, indicate the anode and cathode of the corroded steel pipe. Name two measures that can be taken to prevent the corrosion of steel pipe.

*Bincang dan lakarkan tiga punca yang menyebabkan kakisan pada paip keluli di bawah tanah. Tandakan anod dan katod pada lakaran anda. Namakan dua tindakan yang boleh diambil untuk mencegah kakisan paip keluli.*

(40 marks/markah)

- [b] Given the resistance of a vertical Mg alloy anode (20 kg, length 150 cm, diameter 8 cm) to earth is  $5 \Omega$  and the solution potential of Mg alloy anode is  $-1.75V$ .

*Diberi rintangan sebuah anod Mg aloi (20 kg, panjang 150 sm, diameter 8 sm) terhadap bumi ialah  $5 \Omega$  dan upaya larutan anod Mg aloi ialah  $-1.75V$ .*

...6/-

- (i) Calculate the expected current output of this Mg alloy anode if it is used to polarize a steel pipeline to a potential of  $-0.85\text{V}$ .

*Kirakan jangkaan arus bagi anod Mg aloi jika ia digunakan untuk mengutubkan paip keluli sehingga  $-0.85\text{V}$ .*

(15 marks/markah)

- (ii) Calculate the expected service life of 20 kg Mg anode (Utilization Factor = 0.8, anode capacity: 1230 Ah/kg).

*Kirakan jangkaan hayat perkhidmatan Mg anod yang seberat 20 kg ini (Faktor penggunaan = 0.8, keupayaan anod: 1230 Ah/kg).*

(15 marks/markah)

- [c] Discuss two possible consequences if the anodes used in the sacrificial anodic cathodic protection (SACP) have not been backfilled properly.

*Bincangkan dua akibat jika anod yang digunakan dalam SACP tidak dikambus-balik dengan baik.*

(30 marks/markah)

**PART B / BAHAGIAN B**

4. [a] Discuss with appropriate example the role of polarization in controlling the corrosion rate.

*Bincangkan dengan contoh-contoh sesuai peranan pengutuban di dalam mengawal kadar kakisan.*

(40 marks/markah)

- [b] A steel tank used for the storage of water of pH = 7 corrodes at the rate of 10 mg/dm<sup>2</sup>/day. It is desired to protect the tank cathodically by using an external current. Estimate the minimum current density (A/m<sup>2</sup>) and the voltage required for complete cathodic protection of the storage tank. Assume that corrosion occurs by oxygen depolarization. The following constants are provided:

*Sebuah tangki keluli menyimpan air pada pH 7 terkakis pada kadar 10 mg/dm<sup>2</sup>/hari. Tangki boleh dilindungi secara katodik dengan memberikan bekalan arus luar. Tentukan ketumpatan arus minimum (A/m<sup>2</sup>) dan voltan diperlukan supaya tangki dapat dilindungi secara katodik sepenuhnya. Anggapkan kakisan terjadi melalui penyahkutuban oksigen. Pemalar berikut diberikan:*

$$\beta_a = 0.06 \frac{\text{V}}{\text{decade}}$$

$$i_o, \frac{\text{Fe}}{\text{Fe}^{2+}} = 10^{-2} \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$$

$$K, \text{Fe(OH)}_2 = 1.64 \times 10^{-14} \text{ mol/l}$$

(40 marks/markah)

- [c] Describe briefly the limitations of Pourbaix diagram in corrosion studies.

*Terangkan secara ringkas had penggunaan gambarajah Pourbaix di dalam kajian kakisan.*

(20 marks/markah)

5. Figure 3 shows two nail samples sent by AAM Nail Sdn. Bhd. (M) for corrosion analysis which are: (i) straight and (ii) bent sample.

*Rajah 3 menunjukkan dua sampel paku-paku yang telah dihantar oleh AAM Nail Sdn. Bhd. (M) untuk analisis pengkaratan iaitu: sampel (i) lurus dan (ii) bengkok.*

- [a] Recommend a simple test for measurement of corrosion activities for these nails.

*Cadangkan satu kaedah mudah untuk pengukuran aktiviti-aktiviti pengkaratan untuk paku-paku ini.*

(40 marks/markah)

- [b] Explain with sketch the formation of those corrosion activities for:

*Terangkan dengan lakaran pembentukan aktiviti-aktiviti pengkaratan tersebut untuk:*

- (i) Straight sample.

*Sampel lurus.*

(20 marks/markah)

- (ii) Bent sample.

*Sampel bengkok.*

(40 marks/markah)

...9/-

---



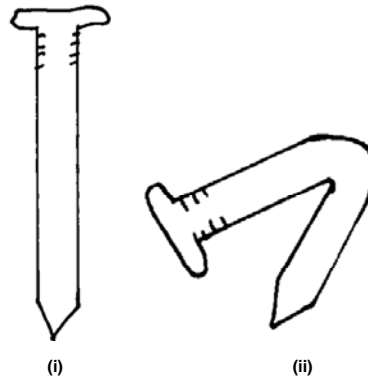


Figure 3 / Rajah 3

6. [a] Define pitting corrosion.

*Definisikan pengkaratan lubang.*

(20 marks/markah)

- [b] (i) List the aggressive ions that contribute to pitting corrosion.

*Senaraikan ion-ion agresif yang menyebabkan pengkaratan lubang.*

(10 marks/markah)

- (ii) Explain why it turns to be aggressive?

*Kenapa ia menjadi agresif?*

(20 marks/markah)

- [c] Sketch and explain four key processes formation of pits on titanium metal that leads to formation of  $\text{TiO}_2$  nanotube arrays.

*Lakar dan terangkan empat proses-proses utama pembentukan lubang logam titanium yang membawa kepada pembentukan tiubnano  $\text{TiO}_2$  tersusun.*

(50 marks/markah)

...10/-

7. [a] Discuss and illustrate three methods to prevent stray current corrosion.

*Bincang dan lakarkan tiga kaedah yang boleh digunakan untuk mencegah kakisan arus sesat.*

(30 marks/markah)

- [b] Both anodic protection and cathodic protection have been widely used in corrosion prevention. Compare the strength and limitations of anodic protection with cathodic protection.

*Kedua-dua perlindungan beranod dan perlindungan berkatod telah digunakan secara meluas dalam pencegahan kakisan. Bandingkan kekuatan dan kekurangan bagi perlindungan beranod dengan perlindungan berkatod.*

(40 marks/markah)

- [c] (i) The effect of a new inhibitor (0.3 mM benzopyrazoles) tested on the corrosion of mild steel in 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was studied by the weight loss method at 303 K after 3 hrs of immersion period. Given the corrosion rate without and with the inhibitor were 7699.83 mpy and 392.11 mpy, respectively. Calculate the efficiency of corrosion inhibition of this inhibitor.

*Kesan sejenis perencat yang baru (0.3 mM benzopirazoles) untuk mencegah kakisan berlaku pada keluli lembut dalam larutan 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> telah diuji dengan kaedah kehilangan berat pada suhu 303 K setelah rendaman tiga jam. Diberi kadar kakisan tanpa dan dengan perencat ialah 7699.83 mpy dan 392.11 mpy. Kirakan keberkesanan pencegahan kakisan perencat baru ini.*

(15 marks/markah)

- (ii) Discuss three limitations of using inhibitors in corrosion prevention.

*Bincangkan tiga kekurangan apabila menggunakan perencat dalam pencegahan kakisan.*

(15 marks/markah)