LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

SEL ELEKTROLISIS

Nama Peserta Didik _____ Kelas _____

A. KOMPETENSI DASAR

3.6 Menerapkan stoikiometri reaksi redoks dan hukum Faraday untuk menghitung besaran-besaran yang terkait sel elektrolisis

B. INDIKATOR PEMBELAJARAN

3.6.1 Menjelaskan konsep Sel Elektrolisis dan Hukum Faraday

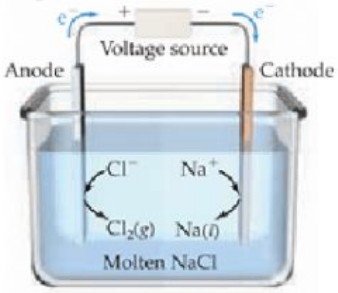
3.6.2 Menggunakan hukum Faraday untuk menentukan hubungan antara muatan listrik yang digunakan dengan banyaknya hasil reaksi.

C. MATERI

SEL ELEKTROLISIS adalah sel elektrokimia di mana energi listrik digunakan untuk menjalankan reaksi redoks tidak spontan. Reaksi elektrolisis dapat didefinisikan sebagai reaksi peruraian zat dengan menggunakan arus listrik. Prinsip kerja sel elektrolisis adalah menghubungkan kutub negatif dari sumber arus searah ke katode dan kutub positif ke anode sehingga terjadi overpotensial yang menyebabkan reaksi reduksi dan oksidasi tidak spontan dapat berlangsung. Elektron akan mengalir dari katode ke anode. Ion-ion positif akan cenderung tertarik ke katode dan tereduksi, sedangkan ion-ion negatif akan cenderung tertarik ke anode dan teroksidasi.

Secara umum, sel elektrolisis tersusun dari:

- Sumber listrik yang menyuplai arus searah (dc), misalnya baterai.
- Anode, yaitu elektrode tempat terjadinya reaksi oksidasi.
- Katode, yaitu elektrode tempat terjadinya reaksi reduksi.
- Elektrolit, yaitu zat yang dapat menghantarkan listrik.



Pada gambar di atas, terlihat rangkaian sel elektrolisis lelehan NaCl. Sel elektrolisis tidak memerlukan jembatan garam seperti halnya sel Volta. Elektrode yang digunakan dapat berupa elektrode inert seperti platina atau grafit yang tidak teroksidasi ataupun tereduksi dalam sel.

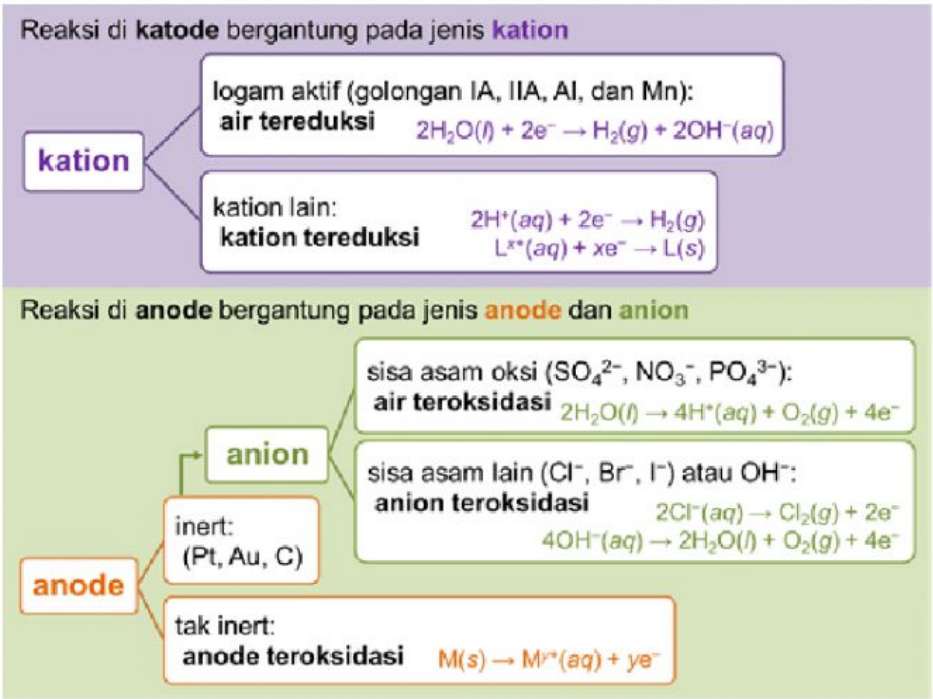
REAKSI ELEKTROLISIS

Secara umum, elektrolisis lelehan senyawa ionik melibatkan reaksi redoks yang lebih sederhana. Hal ini dikarenakan tanpa adanya air, kation akan direduksi di katode dan anion akan dioksidasi di anoda. Sebagai contoh, pada elektrolisis lelehan $MgBr_2$, ion Mg^{2+} akan tereduksi di katode membentuk logam Mg dan ion Br^- akan teroksidasi di anode membentuk gas Br_2.

Namun, jika reaksi elektrolisis berlangsung dalam sistem larutan, ada beberapa reaksi redoks yang bersaing sehingga reaksi cenderung agak kompleks. Beberapa faktor yang menentukan reaksi elektrolisis larutan elektrolit antara lain sebagai berikut.

1. Sesi-spesi yang berada di dalam larutan elektrolit
   - spesi yang tereduksi adalah spesi dengan potensial reduksi lebih positif
   - spesi yang teroksidasi adalah spesi dengan potensial reduksi lebih negatif (potensial oksidasi lebih positif)
2. Sifat bahan elektrode, inert atau aktif
   - elektrode inert adalah elektrode yang tidak terlibat dalam reaksi redoks elektrolisis. Contoh: platina (Pt), emas (Au), dan grafit (C)
   - elektrode aktif adalah elektrode yang dapat terlibat dalam reaksi redoks elektrolisis. Contoh: tembaga (Cu), krom (Cr), dan nikel (Ni)
3. Potensial tambahan (overpotensial) yang diberikan
   - Overpotensial dibutuhkan untuk melampaui interaksi pada permukaan elektrode yang umumnya sering terjadi ketika elektrolisis menghasilkan gas.

Berdasarkan data potensial elektrode standar, reaksi elektrolisis larutan elektrolit pada keadaan standar dapat diprediksikan mengikuti ketentuan berikut.



HUKUM FARADAY

Micheal Faraday adalah ahli kimia fisika yang mempelajari aspek kuantitatif dari elektrolisis. Ia menemukan hubungan antara massa zat yang dihasilkan di elektrode dengan jumlah listrik yang digunakan. Hubungan tersebut dinyatakan dalam **hukum Faraday** sebagai berikut: "*Jumlah spesi yang mengalami oksidasi atau reduksi pada setiap elektrode berbanding lurus dengan jumlah listrik yang terlibat dalam reaksi*".

Jumlah listrik dinyatakan dengan satuan faraday (**F**). Satu faraday (**1 F**) adalah jumlah listrik yang terlibat dalam penangkapan atau pelepasan 1 mol elektron. $\boxed{1 \text{ mol } e^- = 6{,}02 \times 10^{23} e^- = 1 \text{ F}}$

Satuan jumlah listrik yang lain adalah coulomb (**C**). Satu coulomb didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik (***Q***) yang melewati suatu titik ketika arus 1 ampere mengaliri selama 1 detik. $\boldsymbol{Q = i \times t}$ dengan i = kuat arus (ampere) dan t = durasi arus listrik mengalir (detik).

Arus 1 ampere sama dengan muatan 1 coulomb per detik. 1 faraday adalah muatan 1 mol e^-. Muatan 1 elektron adalah $1{,}6 \times 10^{-19}$ coulomb. Karena 1 mol $e^- = 6{,}02 \times 10^{23} e^-$, maka :

$$\text{muatan 1 mol } e^- = (6{,}02 \times 10^{23} e^-) \times (1{,}6 \times 10^{-19} \text{coulomb}/e^-)$$
$$= 96.485\ (\sim 96.500) \text{ coulomb}$$

Jadi, $\text{muatan 1 mol } e^- = 6{,}02 \times 10^{23} e^- = 1\text{ F} = 96.500 \text{ coulomb}$

Oleh karena itu, dengan mengetahui jumlah mol elektron yang terlibat, maka banyaknnya zat yang dihasilkan selama proses elektrolisis dapat ditentukan. Sebagai contoh, untuk elektrolisis yang menghasilkan reaksi reduksi:

$$Cu^{2+}\ (aq) \quad + \quad \underset{\text{Arus listrik dari luar}}{\boxed{2e^-}} \rightarrow \quad Cu\ (s)$$

maka:

- 2 mol elektron akan menghasilkan 1 mol logam Cu.
- 1 mol elektron akan menghasilkan ½ mol logam Cu.
- 1 F akan menghasilkan ½ mol logam Cu.
- 96.500 coulomb akan menghasilkan ½ mol logam Cu.

1. **Hubungan antara massa dengan muatan**

   Hukum Faraday dapat digunakan untuk menentukan massa zat-zat yang terlibat dalam reaksi redoks. *Massa pereaksi maupun massa produk berbanding lurus dengan muatan listrik yang digunakan selama elektrolisis*. Dalam reaksi reduksi maupun oksidasi,

   a. jumlah mol pereaksi maupun produk reaksi berbanding lurus dengan jumlah mol elektron yang terlibat
   b. jumlah elektron berbanding lurus dengan muatan listrik (Q)
   c. jumlah mol pereaksi maupun produk berbanding lurus dengan masing-masing massanya (m)

2. **Hubungan antara volume gas dengan muatan**

   Untuk reaksi-reaksi yang melibatkan gas, maka jumlah mol elektron yang terlibat dalam reaksi berbanding lurus dengan volume gas. Oleh karena itu, volume gas berbanding lurus dengan muatan listrik yang digunakan selama elektrolisis berlangsung.

3. **Hubungan antara pH dengan muatan**

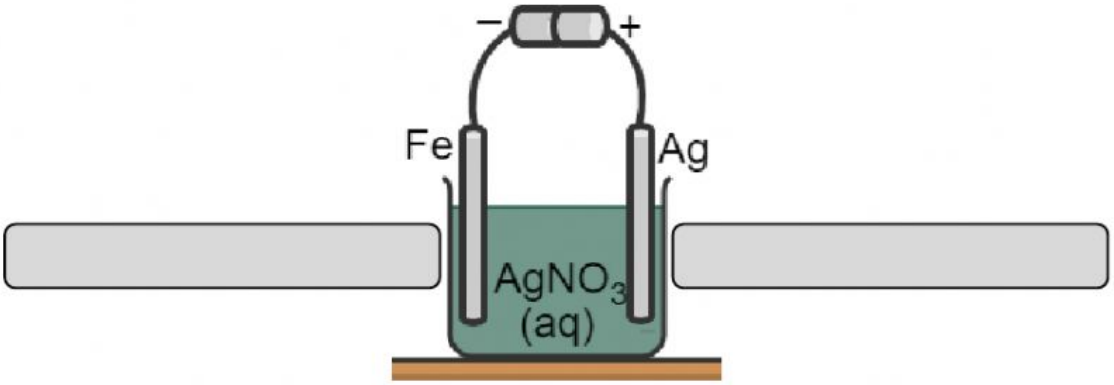
   Di samping menghasilkan endapan dan gas, adakalanya elektrolisis juga menghasilkan ion H^+ ataupun OH^-, maka jumlah mol elektron yang terlibat dalam reaksi berbanding lurus dengan jumlah ion H^+ ataupun OH^-. Oleh karena itu, pH larutan (jumlah ion H^+ ataupun OH^-) berbanding lurus dengan muatan listrik yang digunakan selama elektrolisis berlangsung.

$$\boldsymbol{G = \frac{Ar}{biloks} \times \frac{i \times t}{96500}}$$

$$\boldsymbol{\frac{G_1}{G_2} = \frac{Ar_1}{biloks_1} \times \frac{biloks_2}{Ar_2}}$$

D. Latihan Soal

Berdasarkan gambar, pasangkan persamaan reaksi pada tempat yang telah disediakan



$Ag^+(aq) + e \rightarrow Ag(s)$	$Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e$
$2H_2O(l) + 2e \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e$
$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e$	$Fe^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Fe(s)$

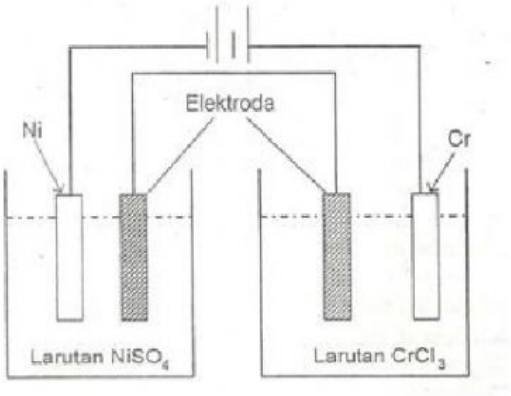
Tariklah garis pada kotak yang memuat jawaban yang benar!

Seorang pengrajin hiasan rumah ingin melapisi sepasang sendok dan garpu yang terbuat dari besi dengan lapisan perak. Maka yang harus dilakukan oleh pengrajin tersebut adalah sebagai berikut:

Sendok dan garpu	**anode**
Reaksi pada katode	**katode**
Reaksi pada anode	$Ag^+(aq) + e \rightarrow Ag(s)$
Larutan yang digunakan	$AgNO_3(aq)$
Logam perak	$Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e$

Pilih jawaban yang paling tepat!

1. Sejumlah arus listrik yang sama dialirkan ke dalam dua sel elektrolisis yang berbeda sesuai gambar berikut:



Jika dalam larutan $NiSO_4$ terendapkan 17,7 gram logam Ni (Ar = 59), maka pada larutan $CrCl_3$ akan diperoleh endapan Cr (Ar = 52) sebanyak….

A. 5,8 gram
B. 10,4 gram
C. 15,8 gram
D. 25,9 gram
E. 28,9 gram

(UN 2008)

2. Pada elektrolisis leburan Al_2O_3 diperoleh 0,225 gram logam aluminium (Ar = 27). Waktu yang diperlukan untuk mengendapkan aluminium tersebut jika arus yang digunakan 2 A adalah...detik.

A. $\frac{3\times0,225\times27}{96500\times2}$
B. $\frac{3\times102\times0,225\times27}{96500}$
C. $\frac{3\times0,225\times96500}{27\times2}$
D. $\frac{96500\times0,225\times27}{3\times2}$
E. $\frac{96500\times0,225\times27}{3\times102}$

(UN 2009)

3. Sebanyak 1 liter larutan $CrCl_3$ 1 M dielektrolisis dengan arus 6 Ampere. Jika diketahui Ar Cr = 52, 1F = 96.500 maka waktu yang diperlukan untuk mengendapkan logam krom sebanyak 3,88 gram tersebut adalah…. detik.

A. $\frac{52\times6\times3,88}{3\times96.500}$
B. $\frac{52\times6\times3\times3,88}{96.500}$
C. $\frac{3,88\times3\times96.500}{52\times6}$
D. $\frac{52\times6}{3,88\times3\times96.500}$
E. $\frac{96.500\times52\times6}{3,88\times3}$

(UN 2010)

4. Proses elektrolisis lelehan NaCl dengan elektroda karbon, digunakan arus sebesar 10 ampere selama 30 menit. Massa logam natrium yang diperoleh adalah .... (Ar Na = 23, Cl = 35,5)

A. $\frac{23 \times 10 \times 30 \times 60}{96500}$

B. $\frac{23 \times 10 \times 30}{96500}$

C. $\frac{58,5 \times 10 \times 30 \times 60}{96500}$

D. $\frac{58,5 \times 10 \times 30}{96500}$

E. $\frac{58,8 \times 10 \times 30 \times 60}{2 \times 96500}$

(UN 2011 dan 2013)

5. Pada penyepuhan logam besi dengan perak, dilakukan elektrolisis selama 2 jam dengan arus 10 A. Jika larutan yang digunakan $AgNO_3$ (Ar Ag = 108) maka massa perak yang mengendap adalah… gram

A. $\frac{2 \times 96500 \times 10 \times 60}{108}$

B. $\frac{2 \times 10 \times 108 \times 60}{96500}$

C. $\frac{108 \times 2 \times 96500}{10}$

D. $\frac{108 \times 2 \times 60 \times 60 \times 10}{96500}$

E. $\frac{108 \times 2 \times 96500}{60 \times 60 \times 10}$

(UN 2012)

6. Dalam elektrolisis larutan $Cu(NO_3)_2$ dengan elektrode inert sebanyak 1,27 gram Cu (Ar Cu = 63,5) diendapkan, volume gas yang dihasilkan di anoda pada tekanan 1 atm dan suhu 0^0C adalah….

A. 4,48 liter

B. 2,24 liter

C. 1,12 liter

D. 0,896 liter

E. 0,224 liter

(UN 2014)

7. Ke dalam 2 sel larutan $ZnSO_4$ dan larutan $CuSO_4$ yang dihubungkan secara seri dialirkan arus listrik, ternyata diendapkan 16,25 gram seng. Jika Ar Zn = 65 dan Ar Cu = 63,5 maka banyaknya tembaga yang mengendap adalah….

A. 7,94 gram

B. 15,88 gram

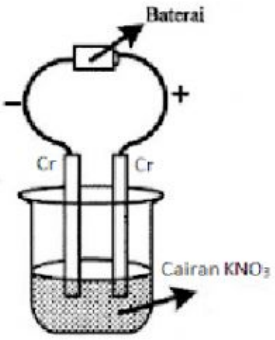
C. 23,82 gram

D. 31,75 gram

E. 39,69 gram

(UN 2015)

8. Perhatikan sel elektrolisis berikut!



Reaksi yang terjadi di katoda adalah….

A. $Cr\ (s) \rightarrow Cr^{3+}\ (aq) + 3e$

B. $K^{+}\ (aq) + e \rightarrow K\ (s)$

C. $Cr^{3+}\ (aq) + 3e \rightarrow Cr\ (s)$

D. $NO_3^{-}\ (aq) + 4H^{+}\ (aq) + 3e \rightarrow NO\ (g) + 2H_2O\ (l)$

E. $2H_2O\ (l) + 2e \rightarrow H_2\ (g) + 2OH^{-}\ (aq)$

(UN 2015)

9. Gelang dilapisi emas sebanyak 19,7 gram dengan proses elektrolisis dengan menggunakan larutan $AuCl_3$. Proses elektrolisis berlangsung dengan arus 60 ampere dan 1 F = 96.500 C. Waktu yang diperlukan untuk melapisi gelang tersebut adalah… (Ar Au = 197).

A. 482,5 detik

B. 804,0 detik

C. 965,5 detik

D. 1.608 detik

E. 1.930 detik

(UN 2016)

10. Perhatikan reaksi elektrolisis berikut ini!

(1) Elektrolisis larutan NaCl dengan elektroda C

(2) Elektrolisis larutan K_2SO_4 dengan elektroda C

(3) Elektrolisis leburan $CaCl_2$ dengan elektroda Pt

(4) Elektrolisis leburan $CuCl_2$ dengan elektroda C

Reaksi yang sama terjadi di katoda terdapat pada reaksi nomor ….

A. (1) dan (2)

B. (1) dan (3)

C. (1) dan (4)

D. (2) dan (3)

E. (3) dan (4)

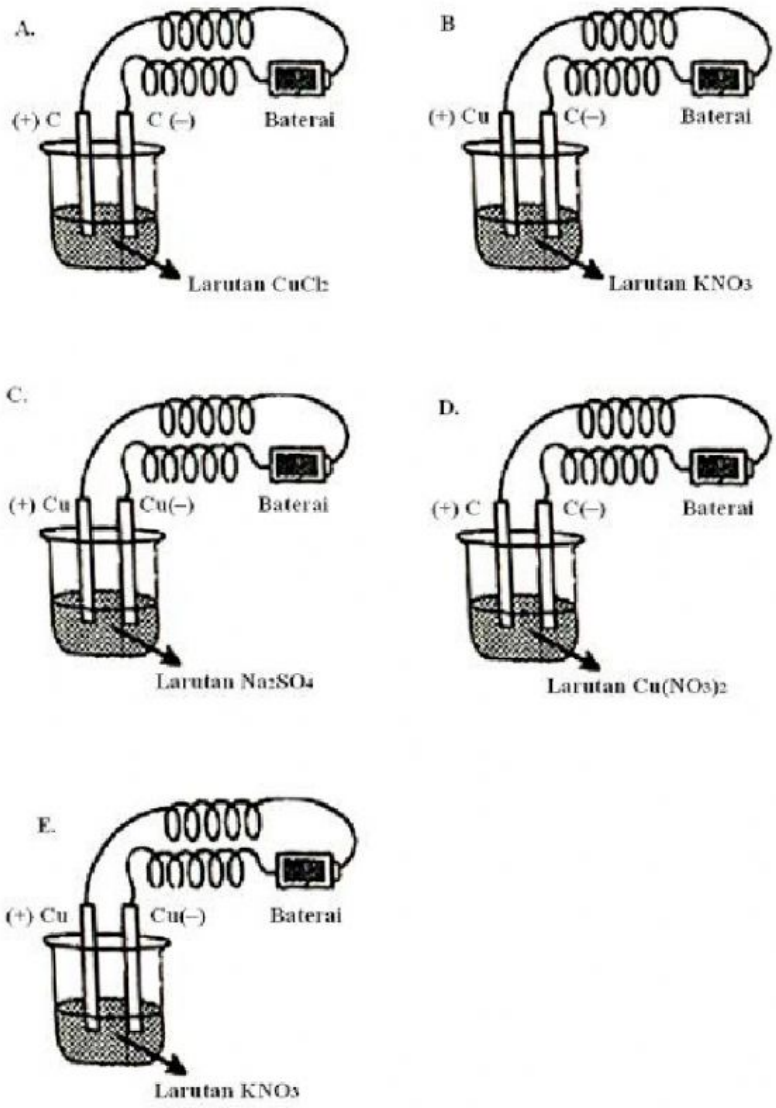
(UN 2017)

11. Diketahui reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda dari suatu elektrolisis sebagai berikut:

Katoda : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

Anoda : $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^-$

Gambar sel elektrolisis yang menunjukkan reaksi tersebut adalah …



(UN 2018)

12. Sendok yang terbuat dari logam aluminium akan dilapisi perak dengan cara disepuh. Larutan yang dipakai adalah larutan $AgNO_3$. Penyepuhan dilakukan dengan elektrolisis larutan $AgNO_3$ dengan elektrode Ag (anode) dan aluminium (katode) menggunakan arus listrik 10 A dan waktu 8 menit. Massa perak yang mengendap di katode adalah ..... (Ar Ag = 108, 1 F = 96.500 $C.mol^{-1}$)

A. $\frac{108 \times 10 \times 8}{96500}$ gram

B. $\frac{96500 \times 8}{108 \times 10 \times 60}$ gram

C. $\frac{108 \times 10 \times 60 \times 8}{96500}$ gram

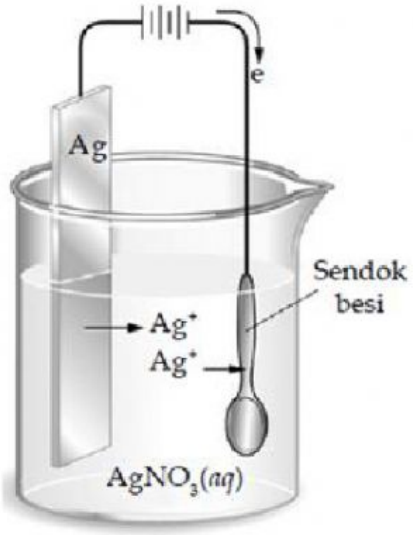
D. $\frac{96500}{108 \times 10 \times 60 \times 8}$ gram

E. $\frac{108 \times 60}{96500 \times 8 \times 60}$ gram

(UN 2019)

13. Cermati wacana berikut.

Agar tampak lebih indah dan bernilai jual tinggi, sendok besi dilapisi dengan logam perak melalui proses penyepuhan. Proses penyepuhan sendok besi dengan logam perak dapat menggunakan sel elektrolisis seperti gambar berikut ini.



Pada proses penyepuhan sendok besi dengan logam perak (Ar = 108) pada wacana tersebut dilakukan selama 15 detik dengan menggunakan arus sebesar 9,65 ampere. Massa logam perak yang melapisi sendok adalah….

A. 0,054 g
B. 0,081 g
C. 0,162 g
D. 0,810 g
E. 1,620 g

(UN 2018)