

BAB II

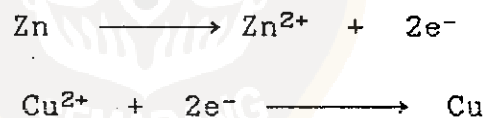
TINJAUAN PUSTAKA

Baterai merupakan sel elektrokimia yaitu sel yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik⁽²⁾. Dalam baterai terjadi reaksi redoks sebagai reaksi utama yang menghasilkan arus listrik, disamping reaksi-reaksi lain yang sebenarnya sangat kompleks⁽⁶⁾.

2.1. Tinjauan Reaksi Redoks

Reaksi redoks ialah reaksi oksidasi dan reduksi yang berjalan serentak. Kedua reaksi tersebut tak dapat dipisahkan. Jika ada reaksi reduksi pasti ada reaksi oksidasi. Reaksi redoks merupakan reaksi perpindahan elektron⁽³⁾.

Contoh reaksi redoks adalah :



Dalam hal ini terjadi perpindahan elektron dari Zn ke Cu. Pada seng terjadi reaksi oksidasi dan pada tembaga terjadi reaksi reduksi.

Sifat zat dalam reaksi redoks ditentukan oleh kemampuan untuk memberi dan menerima elektron. Bila zat lebih mudah melepas elektron dari zat lain maka zat itu akan mereduksi zat lain. Zat tersebut akan mengalami reaksi oksidasi, dan disebut reduktor. Sebaliknya zat yang meng-

oksidasi zat lain disebut oksidator sedangkan zat itu mengalami reaksi reduksi.

2.2. Baterai Seng-karbon

2.2.1. Sel Leclanche

Sel Leclanche ialah sel yang menggunakan seng sebagai elektroda anoda, ammonium klorida dan seng klorida sebagai elektrolit dan magnesium dioksida sebagai katoda yang ditemukan oleh Leclanche⁽⁴⁾. Dibagian tengah terdapat batang karbon sebagai pengumpul arus, juga berfungsi sebagai kutup positif. Oleh karena itu sel Leclanche juga disebut sel seng-karbon.

Reaksi yang terjadi pada baterai adalah⁽⁵⁾:

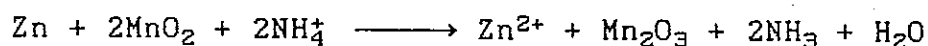
1. Pada anoda Zn terjadi reaksi oksidasi



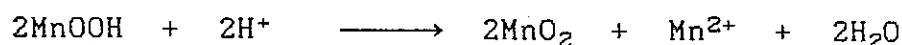
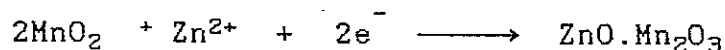
2. Pada katoda MnO_2 terjadi reaksi reduksi

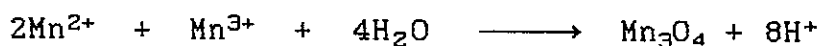
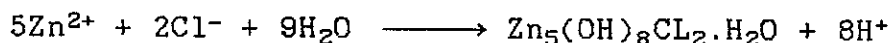


Reaksi keseluruhan adalah :



Raksi yang sebenarnya ialah sangat kompleks, adapun reaksi yang mungkin terjadi ialah⁽⁶⁾:





Senyawa $\text{Zn(NH}_3)_2\text{Cl}_2$, $\text{Zn(NH}_3)_4\text{Cl}$ dan $\text{ZnCl}_2 \cdot 4\text{Zn(OH)}_2$ akan terbentuk sebagai hasil reaksi samping. Pada anoda (Zn) sering dicampur dengan merkuri klorida, timbal dan kadmium. Merkuri klorida ditambahkan kira-kira 0,25% yang berguna untuk mengurangi korosi. Sedangkan timbal dan kadmium untuk menambah kekuatan.

Selama melepas muatan (digunakan) reaksi terjadi di dalam sel dan jumlah relatif produk arus tergantung pada difusi dalam larutan dan padatan.

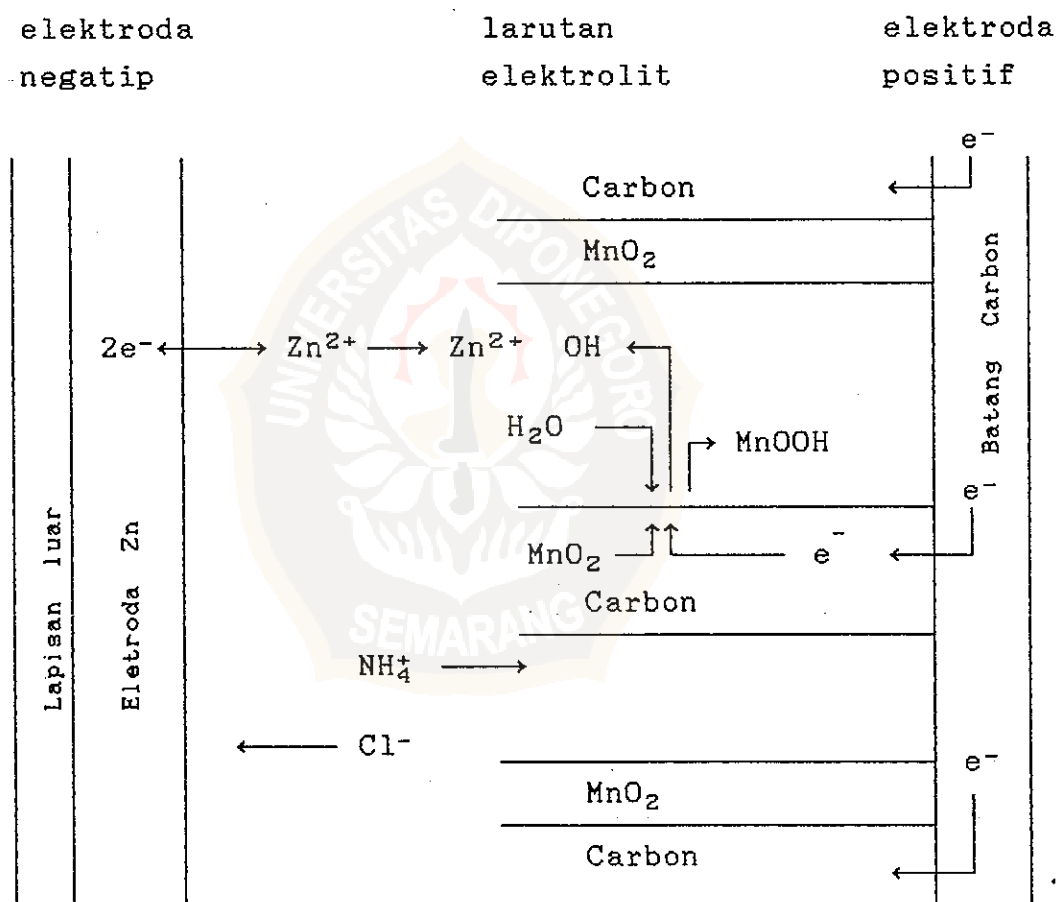
Lapisan elektrolit terdapat antara anoda dan katoda berfungsi sebagai pencegah hubungan pendek antara anoda dan katoda.

Cara pengemasan dalam sel Leclenche sangat penting untuk menjaga kelembaban baterai selama penyimpanan, juga untuk mencegah masuknya oksigen dari udara luar yang akan mengakibatkan korosi pada elektroda $\text{Zn}^{(6)}$.

2.2.2. Proses reaksi kimia sel Leclence

Skema reaksi sel Leclenche ditunjukkan seperti pada gambar II.1. Selama pelepasan muatan ion Zn dan elektron dihasilkan dari logam Zn pada antar muka elektroda negatif dan larutan elektrolit. Dalam larutan elektrolit NH_4 ,

Zn^{2+} , dan Cl^{-} , yang merupakan perantara arus. Elektroda positif adalah campuran antara padatan MnO_2 dan serbuk karbon. Dalam campuran terdapat padatan MnO_2 , air, ion hidroksida dan pembawa elektron bebas yaitu carbon dan $MnOOH$ atau hasil reduksi lain magnesium oksida. Ion hidroksida bertemu dengan ion Zn membentuk ZnO dan membebaskan air. $ZnOH$ dan $Zn(NH_3)_2Cl$ juga terbentuk sebagai hasil reaksi samping.



Gambar II.1. Skema reaksi pada baterai seng-karbon⁽⁶⁾.

2.2.3. Macam-macam baterai seng-karbon

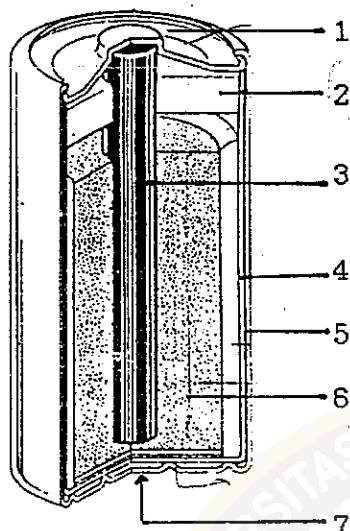
Baterai seng-karbon menggunakan Zn sebagai elektroda anoda dan menggunakan MnO_2 yang dicampur dengan serbuk karbon sebagai katoda. Ada empat macam baterai yang menggunakan elektroda ini, yaitu⁽⁷⁾:

1. Baterai dengan katoda MnO_2 yang dicampur dengan asetilena hitam dan menggunakan pemisah kanji dan elektrolit NH_4Cl mulai diproduksi pada tahun 1900.
2. Baterai dengan katoda MnO_2 yang dicampur dengan asetilena hitam dengan elektrolit NH_4Cl dan $ZnCl_2$ diproduksi antara 1960 - 1963.
3. Baterai dengan katoda MnO_2 yang dicampur dengan asetilena hitam dengan menggunakan pemisah kertas liner dan $ZnCl_2$ dan NH_4Cl sebagai elektrolit, diproduksi sekitar 1970.
4. Baterai alkalin dengan elektroda $MnO-Zn$, menggunakan KOH sebagai elektrolit, dan gel tepung Zn sebagai anoda, campuran grafit dan MnO sebagai katoda dan dikemas dalam plat baja.

2.2.4. Susunan baterai seng-karbon

Baterai zn-carbon terdiri dari Zn sebagai anoda yaitu elektroda yang mengalami reaksi oksidasi dan katoda MnO_2 yang dicampur dengan serbuk karbon sebagai elektroda yang mengalami reaksi reduksi. Batang karbon terdapat ditengah-tengah baterai yang berfungsi sebagai pengumpul arus.

Elektrolit yang dipakai adalah ammonium klorida dan $ZnCl_2$. Karena elektrolitnya bukan cair maka disebut baterai sel kering. Diagram potongan baterai sel kering ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



1. Penutup logam atas.
2. Aspal.
3. Batang karbon.
4. Anoda Zn.
5. Kertas pemisah.
6. Pasta MnO_2 , NH_4Cl .
7. Penutup logam bawah.

Gambar II.2. Potongan Baterai seng-karbon⁽⁸⁾.

2.3. Termodinamika Baterai

Dalam reaksi baterai terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Sistem termodinamika baterai mengikuti sebagian besar reaksi kimia sebagai berikut⁽⁹⁾:



Persamaan termodinamika reaksi elektrokimia reversibel pada umumnya ialah :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (2)$$

dan pada keadaan standar

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad (3)$$

ΔG adalah energi bebas, energi yang dihasilkan dari reaksi untuk keseluruhan kerja, ΔH entalpi, ΔS adalah entropi, dan T adalah suhu mutlak. Tanda ($^{\circ}$) harga pada keadaan standar (pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm)⁽⁹⁾.

Simbol ΔG , ΔH , ΔS adalah fungsi keadaan dan hanya bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir reaksi. Karena ΔG adalah energi yang tersedia dari reaksi maka energi listrik yang dihasilkan dari reaksi adalah :

$$-\Delta G = nFE \quad (4)$$

dan pada keadaan standar

$$-\Delta G^{\circ} = nFE^{\circ} \quad (5)$$

n adalah banyaknya elektron yang terlibat dalam reaksi, F adalah konstanta Faraday, E adalah elektromotiforce (emf) atau voltase adalah spesifik untuk masing-masing reaksi pada sistem baterai. Jumlah produk listrik tergantung dari zat yang terlibat dalam reaksi⁽⁸⁾.

Nilai negatif dari ΔG atau emf positif menunjukkan reaksi berjalan spontan.

Dari persamaan

$$\Delta G = \Delta H - nFT \left[\frac{\partial E}{\partial T} \right]_P \quad (6)$$

$$\Delta S = nF \left[\frac{\partial E}{\partial T} \right]_P \quad (7)$$

$$-\Delta H = nF \left[E - T \left[\frac{\partial E}{\partial T} \right]_P \right] \quad (8)$$

$\left[\frac{\partial E}{\partial T} \right]_P$ adalah kecepatan perubahan potensial sel pada

temperatur dan tekanan konstan. Persamaan 6, 7, 8 menunjukkan perhitungan panas reaksi dari pengukuran reaksi dalam sel elektrokimia dengan fungsi temperatur⁽⁹⁾.

Salah satu dari nilai fungsi termodinamik ΔH_T , ΔS_T dari temperatur T_1 ke T_2 dapat dihitung dengan cara :

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \quad (9)$$

$$S_{T_2} = S_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \left[\frac{\Delta C_p}{T} \right] dT \quad (10)$$

ΔC_p adalah kapasitas panas pada tekanan konstan⁽⁹⁾.

Hubungan antara konstanta kesetimbangan (K) dan energi Gibbs adalah⁽⁸⁾ :

$$-RT \ln K = \Delta G^0 \quad (11)$$

2.4. Efisiensi Baterai

Karena baterai mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses isothermal maka tak dapat ditentukan dengan efisiensi Carnot. Efisiensi termodinamik untuk proses elektrokimia adalah⁽⁹⁾:

$$e = \frac{\Delta G^0}{\Delta H^0} = 1 - \frac{T\Delta S}{\Delta H^0} \quad (12)$$

Dalam persamaan elektrokimia :

$$e = 1 - \frac{nF \left(\frac{\partial E^0}{\partial T} \right)_P}{\Delta H} \quad (13)$$

Pada saat energi pindah dari satu ke yang lain terjadi perubahan efisiensi. Reaksi elektrokimia efisiensinya 90% atau lebih besar⁽⁹⁾.

Tetapi dalam operasi baterai selalu terjadi pengurangan efisiensi dari perhitungan efisiensi termodinamik disebabkan oleh polarisasi dalam reaksi elektroda. Selanjutnya efisiensi reaksi elektrokimia ditentukan dengan perubahan waktu dari $t=0$ sampai $t=t^{(9)}$.

$$Eff_{\text{elektrokimia}} = \int_{t=0}^{t=t} \frac{E' I dt}{\Delta G} \quad (14)$$

E' adalah voltase pada rangkaian tertutup ketika arus (i) mengalir pada waktu t .