

KINERJA ELEKTRODA BATERAI PRIMER BERBAHAN BAKU KELAPA DAN KEMIRI

PENULIS:

Rikson Siburian

Fina Imelda

Kerista Tarigan

Halmi Fauziah

Anggriani Feranika

Ardianton Makarios

Betris Morana

Lewita Pasaribu

Chris Boy Tarigan

Masni Christina

Fabio Geoffrey

Uli Amalia

Yosia Gopas

USU Press

Art Design, Publishing & Printing

Universitas Sumatera Utara, Jl. Pancasila, Padang Bulan,
Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

Telp. 0811-6263-737

usupress.usu.ac.id

© USU Press 2024

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang; dilarang memperbanyak menyalin, merekam sebagian atau seluruh bagian buku ini dalam bahasa atau bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN

Kinerja Elektroda Baterai Primer Berbahan Baku Kelapa dan
Kemiri/Rikson Sibirian [et.al.] -- Medan: USU Press 2024

viii, 59 p; illus : 23 cm

Bibliografi

ISBN:

Dicetak di Medan, Indonesia

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan perlindunganNYA sehingga buku ini dapat terselesaikan. Buku ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Seluruh Pejuang Grafena Universitas Sumatera Utara yang telah berkontribusi dalam mengkarakterisasi sampel demi memperkaya dalam pembahasan dari setiap data yang diperoleh serta penguatan – penguatan teori demi penyempurnaan buku ini teristimewa dalam analisis sampel. Selanjutnya, penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Republik Indonesia dan Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara yang telah memberikan bantuan dana penelitian kepada penulis melalui skim Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), RKI, Penelitian Tesis Master, *World Class University* (WCU), Penelitian Disertasi Doktor, Hibah TALENTA-USU dan Penelitian EQUITY.

Akhirnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pembaca dan dapat memberikan kontribusi yang besar untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di tanah air kita khususnya dibidang Kimia Analitik dan Sains pada umumnya.

Salam hormat,

Penulis

KATA PENGANTAR

Baterai merupakan perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal untuk memberi daya pada perangkat listrik. Komponen penyusun sel baterai primer terdiri dari anoda: elektroda negatif berfungsi sebagai pereduksi dan memberikan elektron sehingga mengalami oksidasi selama proses berlangsung, sedangkan katoda sebagai elektroda positif atau elektroda pengoksidasi yang dirancang sedemikian rupa supaya dapat menangkap elektron dan tereduksi selama proses berlangsung, dan elektrolit berperan sebagai media transfer electron antara katoda dan anoda.

Baterai diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya menjadi baterai primer dan sekunder. Baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang dan reaksi kimianya bersifat irreversibel (reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan). Sedangkan, baterai sekunder dapat diisi ulang (*rechargeable*). Kelebihan dari penggunaan baterai primer dibandingkan baterai sekunder yaitu harga baterai primer lebih murah dibandingkan baterai sekunder dan penggunaannya yang praktis pakai-habis-buang.

Tanaman kelapa merupakan sumber daya alam yang melimpah dan karbon penyusunnya bersifat *amorphous*. Pada dasarnya, tempurung kelapa mengandung unsur-unsur kimia seperti karbon, hidrogen, dan oksigen sebagai bentuk senyawa organik utama disamping unsur-unsur mineral seperti Kalium

(K), Calcium (Ca) dan Magnesium (Mg). Pada sisi lain, tempurung kemiri merupakan salah satu limbah organik yang dapat disintesis menjadi karbon aktif dengan kadar karbon yang cukup besar yaitu sebesar 75,79 %.

Buku ini bertujuan untuk mengkaji potensi grafena dan N-grafena dari tempurung kelapa dan tempurung kemiri sebagai elektroda baterai primer, sehingga mampu meningkatkan umur pakai dan keekonomisan baterai. Data-data yang digunakan dalam buku ini bersumber dari hasil-hasil penelitian dari Grup Riset Grafena, FMIPA-USU serta PUI Karbon USU dalam kurun waktu 2017-2019. Sintesis grafena yang berhasil dilakukan sejak 2012 menjadi modal awal pengembangan grafena untuk berbagai aplikasi salah satunya baterai.

Buku ini tentu masih jauh dari sempurna. Seluruh masukan-masukan yang membangun untuk kebaikan buku ini di masa akan datang sangat penulis harapkan. Semoga buku ini memperkaya pengetahuan para pembaca yang menekuni bidang ilmu kimia analitik khususnya dibidang elektrokimia.

Salam hormat,

Penulis

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengantar	1
1.2 Garis Besar Buku	3
BAB 2 BATERAI	5
2.1 Sejarah Baterai	5
2.2 Prinsip Kerja Baterai	7
2.3 Komponen Baterai	8
2.4 Kelebihan dan Kekurangan Baterai	10
2.5 Jenis Baterai	10
BAB 3 GRAFENA	16
3.1 Grafena	16
3.2 Sifat-sifat Grafena	17
3.3 Sintesis Grafena	19
3.4 Oksida Grafena	23
3.5 Tempurung Kelapa	24
3.6 Cangkang Kemiri	26
3.7 Pirolisis	27
3.8 Proses Karbonisasi	28
3.9 Prosedur Penelitian	29
3.9.1 Produksi Grafena Berlapis Nano (GBN) dari Tempurung Kelapa	29

3.9.2	Produksi Grafena Berlapis Nano (GBN) dari Cangkang Kemiri	29
BAB 4	KINERJA ELEKTRODA BATERAI PRIMER	31
4.1	Elektroda Baterai Primer Cu/GBN//Elektrolit //GBN	31
4.1.1	Penyiapan Elektroda Baterai Primer	32
4.1.2	Pengukuran Daya Hantar Listrik	33
4.1.3	Analisis Daya Hantar Listrik (DHL) dan <i>Power Density vs Energy Density</i>	33
4.2	Elektroda Baterai Primer Ni/GBN//Elektrolit// GBN	37
4.2.1	Penyiapan Elektroda Baterai Primer	38
4.2.2	Pengukuran Daya Hantar Listrik	39
4.2.3	Karakterisasi Daya Hantar Listrik Material	39
4.3	Elektroda Baterai Primer Mg/GBN/Elektrolit/ GBN	43
4.3.1	Penyiapan Elektroda Baterai Primer	44
4.3.2	Pengukuran Daya Hantar Listrik	45
4.3.3	Analisis Daya Hantar Listrik (DHL) dan <i>Power Density vs Energy Density</i>	46
4.4	Elektroda Baterai Primer Fe/GBN/Elektrolit/ GBN	49
4.4.1	Besi (Fe/Grafena Berlapis Nano)	50
4.4.2	Produksi GBN dari Tempurung Kelapa dan Cangkang Kemiri	51
	DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Baterai Primer	11
Gambar 2.2	Struktur Baterai Sekunder	13
Gambar 3.1	Sel Material Grafena	16
Gambar 3.2	Grafena dapat dibungkus menghasilkan (a) 0D <i>bucky balls</i> , digulung (b) 1D <i>nanotube</i> , dan ditumpuk 3D grafit	19
Gambar 4.1	<i>Power Density vs Energy Density</i> Katoda Baterai Primer Komersial (a) dan Katoda GBN (b)	36
Gambar 4.2	<i>Power Density vs Energy Density</i> Cu/GBN//Elektrolit//GBN rasio 1 : 2 : 1 (a) dan rasio 2 : 1 : 2 (b)	37
Gambar 4.3	Daya Hantar Listrik Baterai Primer Prototipe Rasio 1 (1 : 2 : 1) (a), Rasio 2 (2 : 2 : 1) (b), Rasio 3 (1 : 2 : 2) (c), Rasio 4 (2 : 1 : 2) (d), dan Rasio 5 (1 : 1 : 2) (e)	40
Gambar 4.4	<i>Power Density vs Energy Density</i> Baterai Primer Prototipe Rasio 1 (1 : 2 : 1) (a), Rasio 2 (2 : 2 : 1) (b), Rasio 3 (1 : 2 : 2) (c), Rasio 4 (2 : 1 : 2) (d), dan Rasio 5 (1 : 1 : 2) (e)	42
Gambar 4.5	Struktur Molekul Magnesium	43
Gambar 4.6	Grafik Daya Hantar Listrik Anoda Baterai Primer Komersial Dan Mg/GBN	47

Gambar 4.7	Grafik <i>Power Density vs Energy Density</i> Anoda Baterai Primer Komersial dan Mg/GBN	48
Gambar 4.8	Pola Difraksi XRD Kelapa pada Kondisi Pirolisis (t = 5 jam; T = 600 °C dan (t = 4 jam; T = 400 °C)	53
Gambar 4.9	Pola Difraksi XRD Kemiri pada Kondisi Pirolisis (t = 5 jam; T = 600 °C dan (t = 4 jam; T = 400 °C)	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Baterai	10
Tabel 3.1 Analisis Unsur Cangkang Kemiri	26
Tabel 4.1 Sifat-sifat Fisika dan Kimia Atom Magnesium	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Baterai merupakan perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia dengan koneksi eksternal untuk memberi daya pada perangkat listrik (Noer, 2021). Baterai diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya menjadi baterai primer dan sekunder. Baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang dan reaksi kimianya bersifat irreversibel (reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan). Sedangkan, baterai sekunder dapat diisi ulang (reversibel) (Arismunandar, 2017). Baterai primer umumnya memberikan tegangan 1,5 V dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil), C (medium), dan D (besar). Selain itu, terdapat juga baterai primer yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 dan 9 V. Jenis baterai primer yang paling sering digunakan saat ini bermacam-macam, antara lain baterai lithium, baterai alkali, baterai seng klorida dan baterai oksida perak (Kho, 2015).

Saat ini, baterai primer merupakan baterai yang paling banyak digunakan dan hanya dapat digunakan satu kali atau tidak dapat diisi ulang (*non-rechargeable*). Baterai primer terdiri dari dua elektroda (anoda dan katoda) yang terhubung secara seri melalui larutan elektrolit, larutan ionik yang dapat menghantarkan arus listrik (Zhao, 2018). Seiring dengan berkembangnya teknologi dan semakin banyaknya perangkat elektronik *portable* yang menggunakan baterai sebagai sumber

energi menyebabkan kebutuhan baterai primer di Benua Asia mengalami kenaikan setiap tahunnya ($\pm 63\%$) dan diperkirakan setiap tahun mencapai 11,0 juta (CRU, 2015). Permasalahan utama dalam pengembangan baterai primer saat ini adalah kemampuan penyimpanan dan waktu hidup baterai relatif rendah yang belum teratasi. Hal ini disebabkan oleh:

- i. Perbedaan pelepasan elektron yang terjadi pada anoda dan pendepositan serta pelepasan kembali oleh katoda tidak stokiometri (Ziesche, 2020),
- ii. Komponen penyusun baterai primer yang banyak digunakan saat ini: i) anoda (Zn), kelemahannya pelepasan elektron yang susah dikontrol dan ii) katoda (grafit), grafit memiliki daya penyimpanan elektron yang masih rendah sehingga mengakibatkan umur pakai baterai rendah (Linden, 2019).

Kucinskis (2013) melalui penelitiannya menyatakan bahwa penggunaan grafena pada katoda dapat meningkatkan konduktivitas baterai primer. Hal ini dikarenakan grafena memiliki daya penyimpanan energi yang sangat tinggi dan luas permukaan yang besar ($2.630 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$). Grafena merupakan material grafit yang berbentuk karbon, *flat* lapis tipis yang memiliki ikatan sp^2 dan membentuk struktur dua dimensi (Geim dan Novoselov, 2007).

Permasalahan utama grafena adalah produksinya masih sedikit dan menggunakan bahan baku yang tidak dapat diperbaharui. Supeno dan Siburian (2018) meneliti bahwa buah

kelapa dapat dikonversikan menjadi grafit dan grafena *nano switching* melalui proses *cracking* dengan adanya perbandingan efek aluminium (*Al*)-*Vessel* dan efek *Glass-Vessel*. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu tanaman yang banyak dijumpai di beberapa negara Asia seperti Indonesia yang dapat menghasilkan buah kelapa yang sangat melimpah dan juga menghasilkan limbah tempurung kelapa.

Komposisi utama dari tempurung kelapa adalah selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Liyanage and Pieris, 2015). Pada dasarnya, tempurung kelapa mengandung unsur-unsur kimia seperti karbon, hidrogen, dan oksigen sebagai bentuk senyawa organik utama disamping unsur-unsur mineral seperti kalium, kalsium dan magnesium (Yerizam, 2013). Tempurung besar karbon sebesar 57,11 %, oksigen 42,67 % dan mineral lain sebesar 0,23 % (Wachid, 2014). Tempurung kemiri adalah salah satu limbah organik yang dapat disintesis menjadi karbon aktif dengan kadar karbon terikat sebesar 75,79% (Lempang, 2009).

1.2 Garis Besar Buku

Buku ini berisi tentang kinerja elektroda baterai primer berbahan baku kelapa dan kemiri. Grafena yang dihasilkan dari tempurung kelapa dan cangkang kemiri diaplikasikan dalam pembuatan elektroda baterai primer. Berbagai Kinerja elektroda baterai primer yaitu elektroda baterai primer Cu/GBN//elektrolit//GBN, elektroda baterai primer Ni/GBN//elektrolit//GBN, elektroda Baterai primer

Mg/GBN/Elektrolit/GBN dan elektroda Baterai Primer Fe/GBN/Elektrolit/GBN. Metode yang digunakan pada kinerja elektroda baterai primer yaitu dengan perbandingan rasio massa. Karakterisasi grafena dilakukan dengan menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD) dan Konduktivitas listrik.

BAB 2

BATERAI

Baterai merupakan sumber arus listrik yang dapat mengubah potensial kimia menjadi potensial listrik dan sebaliknya melalui proses elektrokimia (Akbar, 2015). Baterai yang dihubungkan oleh daya listrik, memiliki terminal positif yang disebut katoda dan anoda sebagai terminal negatif. Anoda sebagai sumber elektron yang akan mengalirkan dan memberikan energi listrik melalui rangkaian listrik eksternal ke terminal positif karena terminal positif baterai memiliki energi potensial yang lebih tinggi (Noer, 2021). Beda potensial yang dihasilkan oleh anoda dan katoda dapat menentukan tingkat efisiensi tegangan. Adapun *output* arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan Arus *Direct Current* (DC) baterai. Listrik yang dihasilkan oleh sebuah baterai muncul akibat adanya perbedaan potensial energi kedua buah elektrodanya. Perbedaan potensial ini dikenal dengan potensial sel atau Gaya Gerak Listrik (GGL).

2.1 Sejarah Baterai

Pada tahun 1774, Volta menemukan elektroforus, alat yang dapat menghasilkan listrik statis. Setelah menghabiskan lima tahun di *Royal School*, Alessandro Volta diangkat sebagai profesor di Universitas Pavia pada tahun 1779. Di sana ia menemukan metode praktis pertama dari pembangkit listrik,

"tumpukan tegangan". Baterai volta dibuat dengan menumpuk cakram tembaga dan seng secara bergantian dan memasukkan karton yang direndam dalam air garam di antara kedua pelat. Tumpukan dapat menghasilkan arus listrik. Penemuan ini diyakini sebagai baterai pertama yang secara konsisten dan andal menghasilkan listrik.

Di zaman modern ini, kemajuan teknologi telah dibuat oleh peradaban manusia di masa lalu. Selain penemuan fisikawan Italia, ternyata sejarah perkembangan baterai juga terjadi di Baghdad. Penemuan ini dimulai ketika sebuah silinder tembaga ditempatkan di tengah batang besi dari larutan yang tidak diketahui. Larutan ini kemudian disebut elektrolit, dan peristiwa ini dikenal sebagai ionisasi larutan elektrolit. Baterai yang ditemukan di Baghdad adalah salah satu peninggalan kuno yang paling membingungkan para ilmuwan dan arkeolog.

Sebelum tahun 1930, beberapa arkeolog yang menggali makam kuno di luar Bagdad (Khujut Rabula) menemukan sebuah relik yang tampaknya merupakan seperangkat baterai kimia yang berusia lebih dari 2000 tahun. Artefak aneh itu terdiri dari silinder tembaga, batang besi, dan aspal yang ditempatkan di vas tanah liat kecil (tinggi 14 cm, diameter 8 cm). Setelah mereka membangun kembali para ahli, ternyata peninggalan tersebut dipastikan adalah baterai tua. Para peneliti berhasil mendapatkan tegangan 1,5 volt dari artefak baterai listrik, yang bekerja nonstop selama 18 hari dengan memasukkan cairan asam ke dalam vas, seperti jus jeruk (sunkist atau lemon lebih

baik), H_2SO_4 , dan semua larutan elektrolit. Usia artefak baterai purba ini diperkirakan antara 2.000 – 5.000 tahun, jauh sebelum Alessandro Volta (Italia) membuat baterai pertama pada tahun 1800 M dan Michael Faraday (Inggris) menemukan induksi elektromagnetik dan hukum elektrolisis pada tahun 1831 M yang penemuannya jarak telah mencapai kira-kira 200 tahun lebih (Situmorang, 2022)

2.2 Prinsip Kerja Baterai

Baterai ion beroperasi dengan cara mentransfer muatan dengan menggunakan ion yang bergerak bebas bolak balik antara dua elektroda (Noer, 2021). Hal ini didasarkan pada dua proses :

- Pada Proses *Discharge* (pengosongan)

Pada proses *discharge*, sel baterai dihubungkan dengan beban sehingga elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda. Ion-ion negatif akan mengalir ke anoda dan ion-ion positif akan mengalir ke katoda. Adanya elektron yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektrolit dapat memberikan jalan kepada elektron sehingga Arus listrik dapat mengalir (Tribowo, 2011).

- Proses Pengisian

Pada proses pengisian, sel dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dimana aliran elektron menjadi terbalik,

mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda Ion ion negatif mengalir dari anoda ke katoda. Jadi reaksi kimia pada pengisian adalah kebalikan dari proses pengosongan (*Discharge*) (Amin, 2016).

2.3 Komponen Baterai

Secara umum baterai terdiri dari beberapa komponen yaitu:

a. Elektroda Negatif (Anoda)

Elektroda yang melepaskan elektron ke rangkaian luar serta mengalami proses oksidasi pada proses elektrokimia yaitu elektroda negatif (Mahmoud, 2015) dengan material penyusun anoda memiliki elektron valensi yang sangat sedikit (Tribowo, 2011). Anoda berfungsi untuk menghantarkan ion aktif dalam keadaan energi yang tinggi. Semakin tinggi keadaan energi maka akan semakin tinggi pula tegangan akhir sel (Noer, 2021).

b. Elektroda Positif (Katoda)

Katoda merupakan elektroda positif yang lebih sering dikenal sebagai elektroda pengoksidasi yang dirancang untuk menangkap elektron agar dapat tereduksi selama proses berlangsung (Tribowo, 2011). Suatu material yang akan digunakan sebagai katoda harus memiliki karakteristik yang harus dipenuhi seperti material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktivitas yang tinggi seperti logam, memiliki kerapatan

energi yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki kestabilan yang tinggi (struktur yang tidak mudah berubah atau terdegradasi baik saat pemakaian maupun pengisian ulang), harganya murah dan ramah lingkungan (Mahmoud, 2015).

c. Elektrolit

Penghantar ion Lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya disebut dengan elektrolit (Mahmoud, 2015). Elektrolit berfungsi sebagai media untuk mentransfer ion, dan terletak di dalam sel antara anoda dan katoda. Elektrolit ini biasanya berupa cairan ditambah dengan garam terlarut, asam atau basa untuk memberikan konduktivitas ionik. Namun beberapa baterai menggunakan elektrolit padat, yaitu konduktor ion pada suhu operasi sel (Linden dan Redy, 2002). Karakteristik elektrolit yang digunakan dalam sel harus memiliki konduktivitas yang baik, aman (tidak beracun) serta harganya murah tidak bereaksi dengan komponen lainnya (Tribowo, 2011).

d. Separator

Separator adalah suatu material berpori yang terletak di antara anoda dan katoda. Separator memiliki fungsi untuk menghindari terjadinya gesekan antar plat yang menyebabkan arus pendek dan mencegah terjadinya hubungan singkat kontak antara katoda dan anoda. Selain sebagai pembatas antar elektroda, separator memiliki peranan penting dalam proses

penghasilan listrik, pengisian ulang, dan tentunya keamanan pada baterai litium ion sendiri (Mahmoud, 2015).

2.4 Kelebihan Dan kekurangan Baterai

Berikut kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh baterai (Table 4.1)

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Baterai

Kelebihan	Kekurangan
Dapat menyimpan energi listrik	Kapasitas terbatas (kecil)
Bentuknya bervariasi	Tidak dapat digunakan
Sebagai <i>supply</i> utama listrik	Tidak bisa ditransmisikan
<i>Portable</i>	Tidak bisa untuk tegangan
Harganya terjangkau tinggi	Sifatnya searah

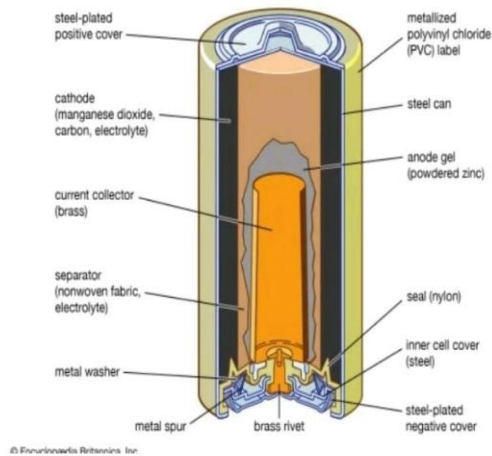
2.5 Jenis Baterai

A. Baterai Primer

Baterai primer merupakan baterai sekali pakai yang tidak dapat diisi ulang karena reaksi kimia pada baterai ini tidak dapat dibalik (Noer, 2021). Kualitas dan biaya produksi baterai primer ditentukan oleh material penyusunnya, sehingga baterai primer relatif lebih terjangkau (Djuniardi, 2011). Baterai ini memiliki harga yang murah dan mudah digunakan sebagai sumber listrik untuk peralatan *portable* karena memiliki densitas energi listrik yang besar dengan kecepatan *discharge* yang rendah dan tidak memerlukan perawatan (Tribowo, 2011).

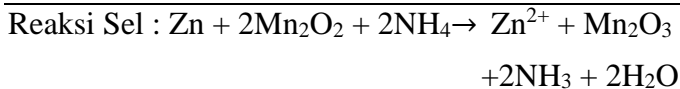
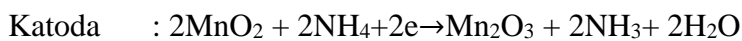
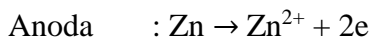
Prinsip kerja baterai ini adalah jika kedua elektroda dihubungkan dengan sebuah konduktor elektronik, aliran

elektron bergerak dari anoda ke katoda (densitas energi lebih tinggi ke rendah). Ketika elektron dilepaskan oleh anoda maka katoda akan menerima elektron. Jika tidak ada pergerakan ion kembali, maka rangkaian listrik akan secara otomatis berhenti beroperasi sehingga tidak ada arus yang terbentuk lagi (Linden dan Reddy, 2002).



Gambar 2.1 Struktur Baterai Primer (Linden dan Reddy, 2002)

Adapun reaksi yang terjadi pada baterai primer adalah :



Ada beberapa macam baterai primer yang sering digunakan oleh masyarakat yaitu :

- a. Baterai Seng-klorida (*Zinc Chloride*) dan baterai seng-karbon (*Carbon Zinc*). Untuk pemakaian umum baterai ini memiliki daya 1,5 volt dan kapasitas 500 - 1.000 mAh.
- b. Baterai Lithium; baterai dengan daya 1,7 volt dan kapasitas energi tergolong tinggi (AA : 2.100 mAh), memiliki umur simpan lebih lama, sekali pakai dan waktu pakainya lebih lama dari baterai Alkalin. Daya simpan sangat lama tetapi bersifat racun
- c. Baterai *Oxyride*; baterai sekali pakai dengan daya 1,7 volt dan tidak beracun, daya simpan lama atau laju pengatusannya lambat.
- d. Baterai Alkalin; baterai dengan daya 1,5 volt dan kapasitas energinya tinggi (AA : 2.400 mAh) meskipun masih di bawah baterai *Oxyride*, daya simpan mencapai 5 (lima) tahun, tidak bersifat racun, biasanya digunakan untuk pemakaian rumah tangga dan harganya lebih murah.

Kelebihan baterai primer, yaitu :

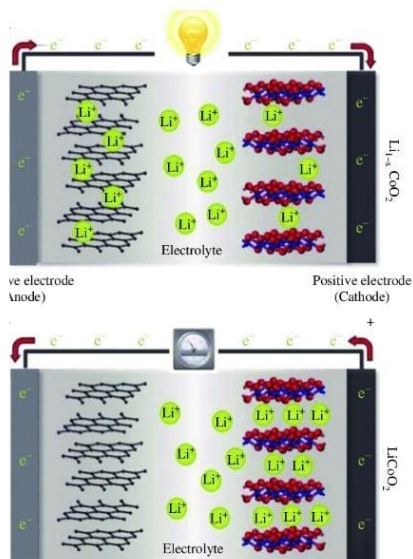
- a. Penggunaannya yang praktis yaitu pakai, habis lalu dibuang.
- b. Biasanya harga baterai primer lebih murah dibandingkan baterai sekunder karena kapasitasnya yang lebih kecil.

Kelemahan baterai primer yaitu:

- Reaksi kimia tidak dapat dibalik sehingga tidak dapat diisi ulang.
- Karena hanya bisa dipakai sekali, hal ini dapat menimbulkan masalah lingkungan jika dibuang sembarangan (Noer, 2021).

B. Baterai Sekunder

Baterai sekunder merupakan baterai yang dapat diisi ulang setelah digunakan karena reaksi kimia yang didalamnya dapat diisi ulang (Noer, 2021). Ketika sedang diisi, energi listrik yang diberikan selama pengisian membalikkan reaksi kimia. Kemampuan diisi ulang baterai sekunder bervariasi antara 100-500 kali (satu siklus adalah satu kali pengisian dan pengosongan).



Gambar 2.2 Struktur Baterai Sekunder (Noer, 2021)

Perbedaan baterai primer dan baterai sekunder terletak pada kapasitas baterai sekunder yang lebih besar dibandingkan baterai primer. Hal ini mengakibatkan baterai sekunder memiliki harga yang relatif mahal dipasaran.

Adapun reaksi yang terjadi pada baterai sekunder yaitu :



Dan reaksi yang terjadi pada saat isi ulang yaitu :



(Tribowo, 2011)

Ada beberapa jenis baterai sekunder yang ada di pasaran (Jubile, 2010) yaitu :

- a. *Lead Acid and Gell Cells*. Lead acid berbentuk cairan sedangkan baterai yang tidak cair membentuk gel. Baterai asam timbal biasanya digunakan untuk mobil yang bertenaga sangat besar.
- b. *Nickel Cadmium*. Baterai jenis ini hanya mampu memberikan kapasitas listik yang terbatas dengan tipe AA memiliki kapasitas 650 hingga 1000 mAH.
- c. *Nickel-Metal Hydrid*. Jenis baterai ini memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 1350 hingga 2500 mAH. Baterai jenis ini sudah banyak dipergunakan dan cocok untuk berbagai peralatan elektronik seperti laptop.
- d. *Lithium ion*. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai NiMH maupun NiCd, yaitu memiliki kapasitas

daya yang sangat besar serta bobot yang sangat ringan dan ukurannya yang kecil, sehingga dapat dibuat untuk produk elektronik seperti ponsel.

- e. *Lithium Polymer*. Baterai ini adalah generasi terbaru dari baterai isi ulang yang memiliki keunggulan yaitu ramah terhadap lingkungan, namun dengan kemampuan lainnya yang sama persis dengan baterai Li – ion.
- f. *DMFC*. Baterai ini merupakan baterai yang materialnya menggunakan sel bahan bakar berupa cairan dimana komposisinya bahan bakar hidrogen dengan campuran oksigen untuk memproduksi daya elektrik, panas dan cair.