

Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik

Muslih Nasution

Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara
muslih.nasution @ft.uisu.ac.id

Abstrak

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia kemudian diubah menjadi energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan sehingga dapat digunakan menghidupkan peralatan yang diperlukan, seperti strika, rice cooker, mengerjakan mesin-mesin dan peratan elektronik lainnya. Arus baterai dihasilkan oleh reaksi kimia antara bahan aktif pada pelat baterai dan asam sulfat yang terdapat dalam larutan elektrolit. Berlaku untuk penstabil tegangan bagi sistem serta bertindak sebagai akumulator atau penyimpan energy setelah satu periode penggunaan, baterai akan mengalami penurunan dan pengosongan energi sehingga tidak lagi menghasilkan aliran arus. Baterai dapat diisi kembali dengan arus searah yang diberikan dalam arah yang berlawanan dengan arah arus yang keluar dari baterai pada saat penggunaan. Dalam operasi yang normal, baterai selalu diisi oleh alternator.

Kata Kunci :Energi, Baterai, Tegangan, Arus

I. PENDAHULUAN

Dari sekian banyak sumber energi, baterai termasuk bagian yang memiliki peranan sangat besar bagi kebutuhan manusia. Baterai merupakan salah satu sumber energi listrik yang sangat diandalkan untuk mengoperasikan peralatan elektronik yang bersifat portabel atau dapat dibawa kemana-mana. Berdasarkan kepraktisan tersebut maka dibuat benda yang dapat menyimpan sumber energi listrik dalam waktu tertentu. Perkembangan teknologi baterai telah mencuri perhatian yang tidak kecil dari kalangan produsen ekeltronik, diantaranya CE (*Consumer Electronic*).

Ada beberapa jenis baterai yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Kedua baterai tersebut memiliki sifat yang sama yaitu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang (*Rechargeable Battery*) misal baterai telepon genggam. Baterai primer adalah baterai yang bersifat *disposable*/sekali pakai. Baterai primer mempunyai nilai ekonomis yang tinggi sehingga baterai jenis ini banyak dijumpai di toko-toko besar maupun kecil.

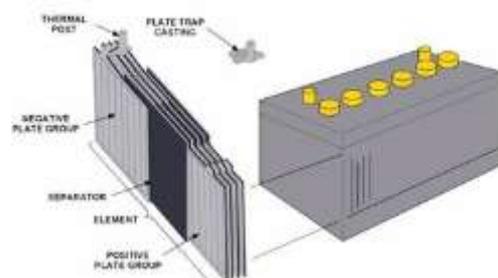
Sebuah baterai primer tersusun atas tiga komponen penting, yaitu batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai), seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai) dan pasta sebagai elektrolit (penghantar). Baterai memiliki sifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Komponen-komponen penting penyusun suatu baterai ternyata memiliki unsur kimia yang dapat membahayakan dan mencemari lingkungan dan termasuk dalam kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Baterai bekas merupakan baterai yang sudah tidak digunakan lagi. Baterai mengandung berbagai macam bahan kimia seperti merkuri, mangaan, timbal, nikel, lithium, dan

kadmium. Merkuri, timbal, nikel, lithium dan kadmium sering ditemukan dalam baterai sekunder, sedangkan mangaan sering ditemukan dalam baterai primer

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Baterai

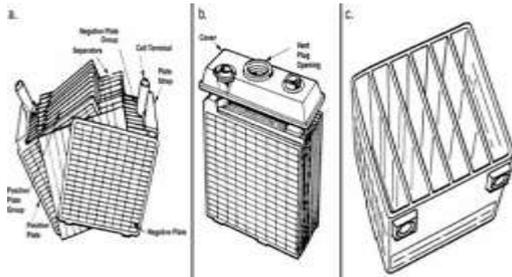
Baterai dibuat dari sejumlah elemen yang terpisah kemudian disatukan pada kotak karet keras atau plastik. Komponen dasar dari tiap sel membentuk pelat-pelat positif dan negatif, seperti yang digambarkan pada Gambar 1. Pelat negatif dilapisi dengan timbal, berwarna kelabu. Sementara pelat positif dilapisi dengan timbal peroksida yang berwarna coklat. Beberapa pelat positif dan beberapa pelat negatif dihubungkan menjadi kelompok-kelompok pelat. Pada beberapa baterai, dalam kelompok pelat negatif selalu terdapat lebih banyak satu pelat daripada pelat positif dalam kelompok pelat positif.



Gambar 1. Pelat Pelat Positif dan Plat Negatif

Baterai yang memungkinkan pelat negatif membentuk dua pembatas bagian luar ketika kelompok-kelompok pelat ini saling dihubungkan. Namun pada beberapa baterai yang lain ada yang memiliki jumlah pelat positif dan negatif yang sama.

Setiap kelompok pelat dijaga tetap terpisah dengan pelat sebelahnya oleh pemisah atau separator. Separator dirancang selain untuk menjaga pelat-pelat tetap terpisah, juga dibuat berpori-pori sehingga larutan elektrolit dapat bersirkulasi diantara pelat-pelat. Separator terbuat dari berbagai macam bahan, seperti plastik, karet dan fiberglass.



Gambar 2. Sel dan Deparator

Pada saat perakitan, elemen-elemen ditempatkan pada bagian terpisah dalam kotak baterai. Dan setiap kompartemen membentuk sebuah sel. Bagian atas kotak ditutup oleh sebuah pembungkus yang disegel ke kotak baterai.

Setiap sel adalah satu bagian yang terpisah, namun setiap sel ini terhubung satu dengan lainnya secara listrik seperti Gambar 2. Sel-sel tersebut dihubungkan secara seri di dalam baterai, dengan terminal positif sel dihubungkan ke terminal negatif pada sel yang berseberangan. Sel yang terletak diujung menjadi terminal utama baterai (kutub). Dengan rangkaian seri, maka tegangan setiap sel dijumlahkan. Setiap sel menghasilkan kira-kira 2.2 Volt, jadi jika terdapat enam sel yang dihubungkan bersama secara seri, maka baterai akan menghasilkan sekitar 13.2 Volt.

2.2. Tutup Ventilasi

Tutup ventilasi (*plug*) terletak di setiap penutup sel. Beberapa baterai memiliki tutup ventilasi tersendiri untuk setiap sel, sedangkan yang lain memiliki unit yang berkelompok yang menghubungkan tiga ventilasi sel bersama pada satu unit. Tutup ventilasi yang memiliki lubang-lubang keluar, berfungsi sebagai tempat untuk memeriksa ketinggian elektrolit serta sebagai tempat untuk melakukan penambahan elektrolit atau air. Lubang-lubang keluar berfungsi sebagai tempat keluarnya gas-gas yang terbentuk selama proses pengisian baterai.

2.3 Elektrolit

Larutan elektrolit adalah semua larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Pada baterai asam timbal, larutan elektrolit berfungsi untuk membuat proses galvanisasi atau reaksi kimia yang dapat terjadi.

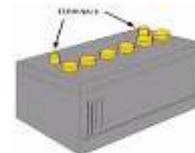
Komposisi larutan elektrolit pada baterai yang terisi penuh adalah larutan pekat asam sulfur (H_2SO_4) dicampur Air (H_2O). Campuran yang tepat kira-kira 36% Asam Sulfur dan 64% Air. Untuk mengetahui berapa besar muatan listrik yang tersimpan dalam baterai maka kita perlu memahami besaran yang disebut *specific gravity* (SG). *Specific gravity* adalah perbandingan antara berat suatu zat dengan berat air murni. SG larutan elektrolit yang tepat dapat dilihat pada gambar 5, yaitu jika air memiliki *specific gravity* 1.00 dan persentasinya 64%, sedangkan asam sulfur dengan *specific gravity* 1.834 dengan konsentrasi sebesar 36% maka SG keseluruhan campuran elektrolit adalah 1.265. Proporsi asam dengan air tidak boleh dipertukarkan. Ketika sebuah baterai baru diaktifkan, campuran awal elektrolit dimasukkan ke dalam sel baterai. Larutan elektrolit pada baterai asam timbal bersifat konduktif (dapat menghantarkan listrik) dan reaktif (dapat berpartisipasi dalam reaksi kimia).

Untuk mempersiapkan larutan elektrolit dengan *specific gravity* tertentu, campurkan konsentrat asam secara perlahan ke dalam air. Jangan langsung menuangkankan air ke dalam asam karena akan cenderung membuat larutan menyembur. Aduk air ketika menambahkan sebagian kecil asam. Jika panas terbentuk, biarkan larutan mendingin sebelum melanjutkan penambahan.

3. Air dalam baterai

Tambahkan air murni atau air suling kedalam baterai karena adanya pembentukan gas didalam baterai akan mengurangi jumlah air tersebut. Air murni atau air suling tidak menghantarkan listrik. Konduktifitas air tergantung pada kandungan partikel padat yang terlarut ($TDS = Total Dissolved Solid$) atau mineral. Mineral bersifat konduktif. Menggunakan air biasa untuk ditambahkan pada larutan elektrolit dalam jangka panjang dapat menyebabkan sel baterai terhubung singkat. Reaksi kimia pada baterai selama pengosongan mengurangi perbandingan antara asam sulfur terhadap air sehingga mengurangi kepadatan atau *specific gravity* dari larutan.

2.4. Terminal Baterai



Gambar 3. Terminal Baterai

Baterai memiliki kutub-kutub atau terminal-terminal positif negatif. Kutub positif lebih besar dan berguna untuk mencegah baterai disambung dengan polaritas yang terbalik. Terminal positif memiliki tanda “+” di atasnya dan terminal negatif

memiliki tanda “-” di atasnya. Tanda lain yang dapat dikenali pada atau dekat terminal-terminal tersebut adalah tulisan “POS” dan “NEG” atau gelang plastik berwarna yang dipasang pada terminal-terminal, merah untuk positif dan hitam untuk negatif.

2.5. Perbedaan Potensial

Perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik disebut beda potensial. Di satu sisi sumber arus listrik terdapat elektron yang bertumpuk sedangkan di sisi yang lain terdapat jumlah elektron yang sedikit. Hal ini terjadi karena adanya gaya magnet yang memengaruhi materi tersebut. Dengan kata lain, sumber tersebut menjadi bertegangan listrik. Jika rangkaian tersebut disentuh oleh materi yang dapat menghantarkan listrik maka aliran elektron tersebut akan mengalir melalui sesuatu yang menyentuhnya. Jika manusia menyentuh benda tersebut maka manusia tersebut akan teraliri listrik pada tubuhnya (tersetrum). Besarnya efek dari aliran listrik tersebut tergantung dari besarnya perbedaan elektron yang terkumpul di suatu materi (beda potensial).

2.6. Arus listrik

Perpindahan muatan listrik dikenal dengan nama arus listrik, besarnya diukur dalam ampere. Arus dapat terdiri dari partikel bermuatan apapun yang berpindah; biasanya adalah elektron, tetapi muatan apapun yang berpindah menghasilkan arus.

Menurut konvensi lama, arus positif didefinisikan sebagai yang memiliki arah yang sama dari aliran muatan positif yang dikandungnya, atau aliran dari bagian paling positif dari sirkuit ke bagian paling negatif. Saat ini disebut dengan arus konvensional. Gerakan elektron bermuatan negatif di sekitar sirkuit listrik, maka dianggap positif pada arah "berlawanan" dari elektron tersebut. Meski begitu, tergantung kondisinya, arus listrik dapat terdiri dari aliran partikel bermuatan dari salah satu arah, atau bahkan bersamaan dari kedua arah. Konvensi positif ke negatif digunakan luas untuk menyederhanakan kondisi ini.

Proses ketika arus listrik melewati material disebut konduksi listrik, dan sifatnya bervariasi tergantung dari partikel bermuatan dan material yang mereka lewati. Contoh arus listrik misalnya konduksi logam, di mana elektron mengalir melalui konduktor listrik seperti logam, dan elektrolisis, di mana ion (atom bermuatan) mengalir melalui cairan atau plasma. Ketika partikel itu sendiri dapat berpindah agak lambat, medan listrik yang menggerakkan mereka dapat memperbanyak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya, memungkinkan signal listrik untuk lewat dengan cepat pada kawat. Arus akan menyebabkan beberapa pengaruh. Air bisa terdekomposisi melalui arus dari tumpukan volta, ditemukan oleh Nicholson dan Carlisle tahun

1800, proses ini sekarang dikenal dengan elektrolisis. Hasil karya tersebut kemudian dikembangkan Michael Faraday tahun 1833. Arus yang melalui resistansi listrik akan menyebabkan panas, efek yang dipelajari matematis oleh James Prescott Joule tahun 1840. Salah satu penemuan terpenting dalam ilmu tentang arus oleh Hans Christian Ørsted tahun 1820, ketika ia menyaksikan arus dalam kawat mengganggu kerja jarum kompas magnet. Ia menemukan elektromagnetisme, interaksi dasar antara listrik dan magnet. Tingkat keluaran elektromagnetik yang dihasilkan api listrik cukup tinggi untuk menghasilkan gangguan elektromagnet yang bisa mengganggu kerja alat.

Pada teknik atau aplikasi rumah tangga, arus sering kali dijelaskan dalam arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC). Sebutan ini merujuk pada bagaimana arus bervariasi terhadap waktu. Arus searah, diproduksi sebagai contoh dari baterai dan diperlukan oleh hampir seluruh peralatan elektronik, adalah aliran dari bagian positif sirkuit ke bagian negatif. Aliran ini biasanya dibawa oleh elektron, mereka akan berpindah melalui arah berlawanan. Arus bolak-balik adalah arus yang berbalik arah berulang-ulang; hampir selalu membentuk gelombang sinus. Arus bolak-balik akan bergetar bolak-balik dalam konduktor tanpa tanpa muatan berpindah tiap jarak seiring waktu. Nilai waktu rata-rata arus bolak balik adalah nol, tetapi energi akan dikeluarkan pada satu arah, kemudian kebalikannya. Arus bolak-balik dipengaruhi oleh sifat-sifat listrik yang tidak dapat dilihat pada arus searah keadaan tunak, seperti induktansi dan kapasitansi. Sifat-sifat ini menjadi penting ketika rangkaian ditujukan pada respon transien, seperti ketika pertama kali diberi energi.

III. PEMBAHASAN

3.1 Kurva pemakaian (*discharge*)

Baterai telah dikembangkan untuk berbagai macam aplikasi menggunakan berbagai teknologi yang berbeda, yang menghasilkan berbagai macam karakteristik kinerja yang tersedia. Grafik-grafik dibawah ini menunjukkan beberapa faktor utama yang harus diperhitungkan oleh teknisi ketika membuat spesifikasi baterai agar cocok dengan kebutuhan kinerja dari produk akhir.

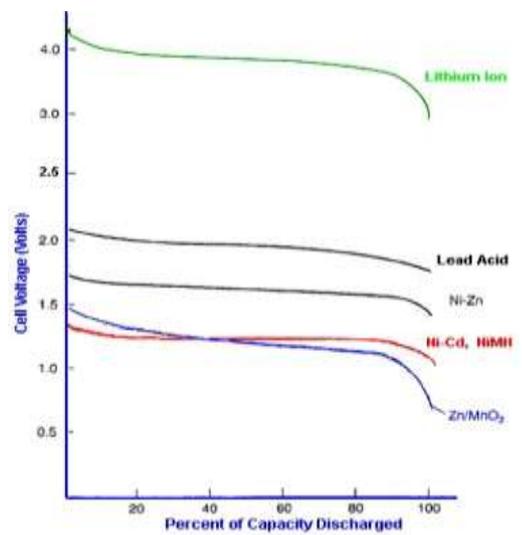
Tegangan nominal sel galvanis ditentukan oleh karakteristik elektrokimia bahan kimia aktif yang digunakan dalam sel, yang disebut kimia sel. Tegangan sebenarnya yang tampak pada terminal pada sembarang waktu tertentu, tergantung pada arus beban dan impedansi internal sel dan ini berubah dengan suhu, keadaan muatan listrik (*state of charge*) dan dengan umur sel.

Gambar 4 Grafik menunjukkan kurva pemakaian (*discharge*) untuk sel menggunakan beberapa kimia sel ketika dipakai pada laju 0,2 C. Ingat bahwa setiap kimia sel memiliki tegangan

nominal karakteristiknya dan kurva pemakaiannya sendiri. Beberapa kimia seperti ion lithium memiliki kurva pemakaian yang agak datar sedangkan lainnya seperti asam timbal memiliki kemiringan yang jelas.

Daya yang diberikan oleh sel dengan kurva pemakaian miring turun secara progresif diseluruh siklus pemakaian. Hal ini dapat menimbulkan masalah untuk aplikasi daya tinggi kearah akhir siklus. Untuk aplikasi daya rendah yang membutuhkan tegangan catu stabil, mungkin perlu memberikan pengatur tegangan jika kemiringannya terlalu tajam. Ini biasanya tidak menjadi pilihan untuk aplikasi daya tinggi karena rerugi dalam pengatur tegangan bahkan akan merampok lebih banyak daya dari baterai.

Kurva pemakaian datar menyederhanakan perancangan aplikasi dimana baterai digunakan karena tegangan catu tetap konstan diseluruh siklus pemakaian. Kemiringan kurva memfasilitasi perkiraan keadaan terisi baterai karena tegangan sel dapat digunakan sebagai ukuran isi yang tersisa dalam sel. Sel ion lithium modern memiliki kurva pemakaian yang sangat datar dan metoda lain harus digunakan untuk menentukan keadaan terisi.



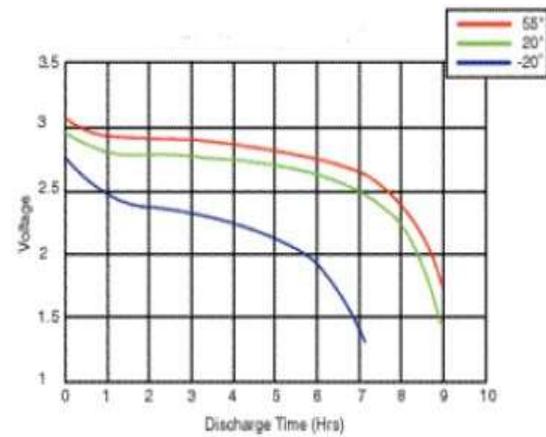
Gambar 4. Kurva pemakaian (*discharge*)

Sumbu X menunjukkan karakteristik sel yang dinormalisasi sebagai prosentase dari kapasitas sel sehingga bentuk grafik dapat ditunjukkan tidak tergantung pada kapasitas sel sesungguhnya. Jika sumbu X didasarkan pada waktu pemakaian, panjang setiap kurva pemakaian akan berbanding lurus dengan kapasitas nominal sel.

3.2 Karakteristik suhu

Kinerja sel dapat berubah secara dramatis dengan suhu. Pada suhu yang sangat rendah, pada baterai dengan elektrolit air, elektrolit sendiri bisa membeku yang ini merupakan batas suhu terendah baterai dapat beroperasi. Pada suhu rendah, baterai lithium terkena pelapisan lithium pada anoda yang

menyebabkan penurunan permanen dalam kapasitas. Pada suhu yang sangat tinggi, bahan kimia aktif bisa rusak yang ini berarti juga merusak baterai. Diantara dua batasan suhu ini, kinerja sel umumnya meningkat dengan suhu.



Gambar 5. Kinerja baterai

Gambar 5 menunjukkan bagaimana kinerja baterai ion lithium rusak ketika suhu operasi turun. Barangkali yang lebih penting adalah bahwa, untuk keduanya suhu tinggi dan rendah, semakin jauh suhu operasi dari suhu ruang semakin besar terjadinya penurunan siklus hidup.

3.3 Karakteristik pemakaian sendiri

Laju memakai sendiri adalah ukuran seberapa cepat sebuah sel akan kehilangan energinya ketika disimpan di rak karena aksi kimia tak diinginkan dalam sel. Laju tersebut tergantung pada kimia sel dan suhu.

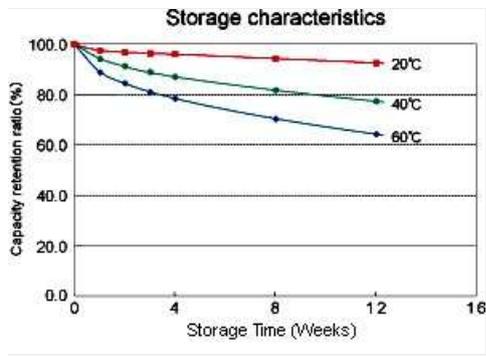
Berikut menunjukkan umur simpan tipikal untuk beberapa sel primer:

- Zinc Carbon (Leclanché) 2 sampai 3 tahun
- Alkaline 5 tahun
- Lithium 10 tahun atau lebih

Laju pemakaian sendiri tipikal untuk sel dapat diisi ulang umum adalah sebagai berikut:

- Asam Timbal 4% sampai 6% per bulan
- Nickel Cadmium 15% sampai 20% per bulan
- Nickel Metal Hydride 30% per bulan
- Lithium 2% to 3% per month

Laju reaksi kimia tak diinginkan yang menyebabkan kebocoran arus internal antara elektroda positif dan negatif sel, seperti semua reaksi kimia, meningkat dengan suhu. Peningkatan laju reaksi kimia ini akan meningkatkan laju pemakaian sendiri baterai. Grafik dibawah ini menunjukkan laju pemakaian untuk baterai ion lithium.



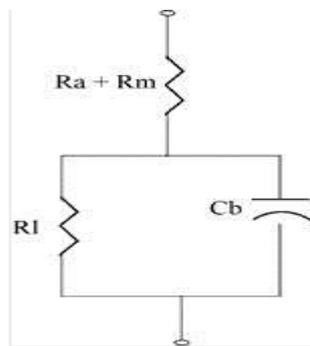
Gambar 6. Laju pemakaian baterai ion lithium

3.4 Impedansi internal

Impedansi internal sebuah sel menentukan kemampuan membawa arusnya. Hambatan internal yang rendah memungkinkan arus yang tinggi.

Sirkuit ekuivalen baterai

Diagram sebelah kanan menunjukkan sirkuit ekuivalen untuk sel energi.



Gambar 9. Sirkuit ekuivalen baterai

- R_m adalah hambatan lintasan logam melalui sel termasuk terminal, elektroda dan antar-sambungan.
- R_a adalah hambatan lintasan elektrokimia termasuk elektrolit dan separator.
- C_b adalah kapasitansi pelat sejajar yang membentuk elektroda sel.
- R_i adalah hambatan kontak non-linier antara pelat atau elektroda dan elektrolit. Hambatan internal tipikal adalah pada tingkat milli ohm.

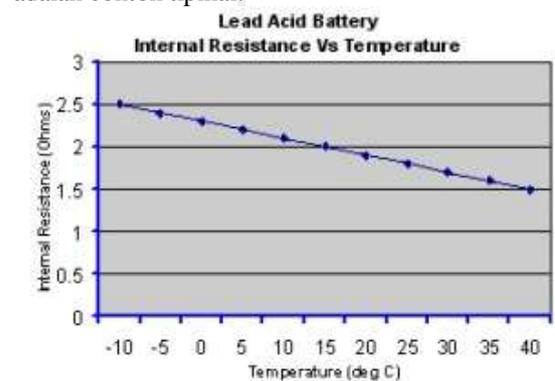
Pengaruh impedansi internal

Ketika arus mengalir melalui sel, terjadi penurunan tegangan pada hambatan internal sel yang menurunkan tegangan terminal sel selama pemakaian dan meningkatkan tegangan yang dibutuhkan untuk mengisi sel. Hal ini mengakibatkan penurunan kapasitas efektif dan efisiensi pengisian/pemakaian. Laju pemakaian yang lebih tinggi menimbulkan penurunan tegangan internal yang lebih besar. Hal ini menjelaskan mengapa pada kurva pemakaian, tegangannya lebih rendah pada laju C tinggi.

Impedansi internal dipengaruhi oleh karakteristik fisik elektrolit. Semakin kecil ukuran granular bahan elektrolit, semakin rendah impedansi sel. Ukuran butir diatur oleh pabrik sel dalam proses penghalusan.

Konstruksi spiral elektroda sering digunakan untuk memaksimalkan luas permukaan dan jadi menurunkan impedansi internal. Ini mengurangi timbulnya panas dan mengijinkan laju pengisian dan pemakaian yang cepat.

Hambatan internal sel galvanis tergantung suhu, yang turun ketika suhu naik karena peningkatan mobilitas electron. Grafik dibawah adalah contoh tipikal.



Gambar 8. Tipikal baterai

Jadi sel bisa sangat tidak efisien pada suhu rendah tetapi efisiensinya membaik pada suhu yang lebih tinggi karena impedansi internal yang lebih kecil, tetapi juga peningkatan laju reaksi kimia. Namun, sayang sekali hambatan internal yang kecil juga menyebabkan laju pemakaian sendiri meningkat. Lebih lanjut, umur siklus menurun pada suhu tinggi. Beberapa bentuk pemanasan atau pendinginan mungkin diperlukan untuk menjaga sel dalam kisaran suhu terbatas untuk mencapai kinerja optimum dalam aplikasi daya tinggi.

Hambatan internal sebagian besar kimia juga cenderung meningkat secara signifikan kearah akhir siklus pemakaian ketika bahan kimia aktif dirubah menjadi keadaan terpakainya dan dari sini secara efektif digunakan. Ini merupakan yang paling bertanggung jawab terhadap penurunan yang cepat pada tegangan sel pada akhir siklus pemakaian. Selain itu, efek pemanasan Joule rerugi I^2R dalam hambatan internal sel akan menyebabkan suhu sel meningkat.

Penurunan tegangan dan rerugi I^2R mungkin tidak signifikan untuk sel 1000 mAh untuk HP tetapi untuk sebuah baterai mobil 100 sel 200 Ah dapat sangat penting. Hambatan internal tipikal untuk baterai HP lithium 1000 mA sekitar 100 sampai 200 mOhm dan sekitar 1 mOhm untuk sel lithium 200 Ah yang digunakan dalam baterai mobil. Ketika beroperasi, penurunan tegangan per sel kira-kira 0,2 V. Rerugi I^2R dalam HP Antara 0,1 dan 0,2 W. Namun dalam baterai mobil

penurunan tegangan diseluruh baterai kira-kira 20 V dan rerugi daya I^2R yang dibuang sebagai panas dalam baterai kira-kira 40 W per sel atau 4 kW untuk seluruh baterai. Ini adalah selain panas yang dihasilkan oleh reaksi elektrokimia dalam sel.

Ketika sel menua, hambatan elektrolit cenderung meningkat. Penuaan juga menyebabkan permukaan elektroda rusak dan hambatan kontak menumpuk dan pada saat yang bersamaan luas efektif pelat berkurang yang menurunkan kapasitansinya. Semua efek ini meningkatkan impedansi sebenarnya sel yang secara berkebalikan memengaruhi kemampuannya untuk bekerja.

IV. KESIMPULAN

1. Hambatan internal juga memengaruhi kapasitas efektif sel. Semakin besar hambatan internalnya, semakin besar reruginya ketika dipakai dan diisi ulang. baterainya pada laju pemakaian yang sangat rendah yang membuatnya tampak jauh lebih baik daripada yang sesungguhnya.

2. Baterai merupakan tempat penyimpanan arus listrik yang dapat digunakan saat diperlukan, dimana baterai ini mempunyai dua kutup yang berbeda dan mempunyai beda potensial pada kedua kutupnya, dengan salah satu kutup positif dengan kuat arus semakin kuat arus listriknya, Arus yang melalui resistansi listrik akan menyebabkan panas. Arus terdiri dari arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. https://id.wikipedia.org/wiki/Baterai_listrik
- [2]. <https://tekno.kompas.com/read/2021/03/30/19290017/cara-mudah-cek-kondisi-baterai-di-android-dan-iphone?page=all>
- [3]. <https://www.tokopedia.com/sumatronlineshop/aki-mobil-battery-gs-astra-type-gs-premium-n70z-75d31r-12v-75-ah?whid=2735790>
- [4]. <https://www.liputan6.com/tag/baterai-mobil-listrik-dan-menggunakannya-secara-efisien>. Sumber dana utamanya dari pemerintah pusat, sedangkan dana