

BATERAI LITHIUM

Fengky Adie Perdana

Mahasiswa Program Pendidikan Magister Sains Universitas Sebelas Maret Jl. Ir. Sutami No.36A, Jebres, Surakarta, Indonesia 57126

Mail: fengkyadie@student.uns.ac.id

Diajukan: 10 Mei 2020; Diterima: 29 Agustus 2020; Diterbitkan: 31 Oktober 2020

Abstrak: Di era yang semakin canggih ini terdapat beberapa alat-alat elektronik baru yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan sehari-hari. Beberapa alat elektronik tersebut memerlukan sumber energy yang tersimpan dalam baterai, salah satunya contohnya yaitu baterai lithium-ion. Sebagai salah satu komponen untuk penyimpan sumber energy, belum banyak orang yang tau dan memahami bagaimana konsep tentang baterai lithium-ion. Oleh karena itu, pada tulisan ini akan dibahas hal-hal terkait apa itu baterai lithium-ion, mengapa harus baterai lithium-ion dan bagaimana prinsip kerjanya.

Kata Kunci: Energy, Baterai, Lithium-Ion

Abstract: *In this increasingly sophisticated era, there are several new electronic devices that cannot be separated in daily activities. Some of these electronic devices require a source of energy stored in batteries, one of which is a lithium-ion battery. As a component for storing energy sources, not many people know and understand the concept of lithium-ion batteries. Therefore, in this paper, we will discuss matters related to what a lithium-ion battery is, why a lithium-ion battery is needed and how it works on the principle.*

Keywords: Energy, Battery, Lithium-Ion

Pendahuluan

Baterai lithium-ion merupakan salah satu jenis baterai sekunder (*rechargeable battery*) yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai-baterai yg berkembang lebih dahulu yaitu baterai NI-Cd dan Ni-MH. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai sekunder jenis lain, yaitu memiliki stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (daya tahan sampai 10 tahun atau lebih), energi densitas tinggi, tidak ada memori efek dan berat yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan baterai jenis lain. Sehingga dengan berat yang sama energi yang dihasilkan baterai lithium dua kali lipat dari baterai jenis lain. (Lawrence et al. 1992).

Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah dari energi kimia menjadi energi listrik. Salah satu jenis baterai yang saat ini berkembang adalah *Lithium-Ion Battery* atau baterai lithium ion. Bagian utama yang menyusun *Lithium-Ion Battery* yaitu elektroda negatif (anoda), elektroda positif (katoda), elektrolit dan separator. Pada tahun 1970 M.S. Whittingham melakukan penelitian pada

Lithium-Ion Battery dengan logam lithium sebagai anoda. Pada tahun 1980, Rachid Yazami mengganti logam lithium pada anoda dengan material lain, yaitu grafit. Penggantian material dari logam lithium menjadi grafit memberikan pengaruh pada performa *Lithium-Ion Battery* sehingga dapat diisi ulang/*rechargeable batteries* (Krysten Oates, 2010).

Lithium-Ion Battery atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Pada saat ini, *Lithium-Ion Battery* menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), mp3 player dan lain-lain. Selain itu, saat ini *Lithium-Ion Battery* sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik/*electric vehicle* (Fadli Rohman, 2012:90).

Permintaan baterai *Lithium-Ion Battery* dari tahun ke tahun selalu meningkat dan juga permintaan akan kemampuan menyimpan energi yang lebih lama dan juga siklus hidup yang meningkat, itu semua berkaitan dengan perkembangan dunia industri elektronika dan telekomunikasi yang berkembang sedemikian

cepat. misalnya telepon selular, komputer tablet ataupun mobil listrik. *Lithium-Ion Battery* adalah baterai dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu yang panjang, dan salah satu faktor yang mempengaruhi sifatnya adalah kualitas bahan elektroda (anoda/katoda), di samping faktor lainnya. Dan salah satu usaha untuk memperbaiki performa dari baterai, maka salah satu jalannya adalah memperbaiki kualitas dari elektroda yang digunakan (Anton Prasetyo, 2012:400).

Landasan Teori

Jenis baterai ini pertama kali pada tahun 1970 yang diperkenalkan oleh peneliti dari Exxon yang bernama M. S. Whittingham yang melakukan penelitian dengan judul “*Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry*”. Beliau menjelaskan mengenai proses interkalasi pada baterai litium ion menggunakan titanium (II) sulfide sebagai katoda dan logam litium sebagai anoda. Proses interkalasi adalah proses perpindahan ion lithium dari anoda ke katoda dan sebaliknya pada baterai lithium ion. Pada tahun 1980, logam lithium pada anoda diganti dengan materail lain yaitu grafit. Hal ini dilakukan oleh Rachid Yazami dan kawan-kawan di *Grenoble Institute of Technology (INPG)* dan *French National Centre for Scientific Research (CNRS)* (Krysten Oates, 2010).

Penggantian material dari logam lithium menjadi grafit memberikan pengaruh pada performa *Lithium-Ion Battery* serta memberikan efek *Lithium-Ion Battery* sehingga *Lithium-Ion Battery* bisa diisi ulang (*rechargeable batteries*). Pada tahun 1981, Bell Laboratories mengembangkan elektroda pada anoda berbasis grafit yang telah dikembangkan sebelumnya. John Goodenough dan tim penelitiannya melakukan penelitian dan mengembangkan pada katoda. Penelitian-penelitian ini terus dikembangkan pada saat itu untuk meninjau beberapa parameter penting sebelum *Lithium-Ion Battery* itu sendiri dipasarkan. Parameter-parameter tersebut antara lain material pada elektroda mudah didapat secara komersil, harga yang murah, aman dipakai, memiliki kestabilan dan performa yang tinggi serta energi yang dihasilkan juga cukup tinggi (Fadli Rohman, 2012:90).

Pada saat ini, *Lithium-Ion Battery* menjadi baterai yang sangat dibutuhkan antara lain untuk kebutuhan energi listrik pada telepon seluler (ponsel), mp3 *player* dan lain-lain. Selain itu, saat ini *Lithium-Ion Battery* sangat dibutuhkan khususnya untuk kendaraan yang sumber energinya dari energi listrik (*electric vehicle*). *Lithium-Ion Battery* ini memiliki daya yang tinggi serta bobot yang ringan dan dapat digunakan berkali-kali sehingga banyak digunakan oleh para produsen sebagai sumber tenaga alat elektroniknya.

Metode Penelitian

Agar kita mengetahui tentang prinsip kerja baterai lithium, maka penting untuk mengetahui apa saja komponen penyusun dari baterai lithium itu sendiri. *Lithium Ion Battery* pada umumnya memiliki empat komponen utama yaitu elektroda positif (anoda), elektroda negatif (katoda), elektrolit, dan separator.

Elektroda Negatif (Anoda)

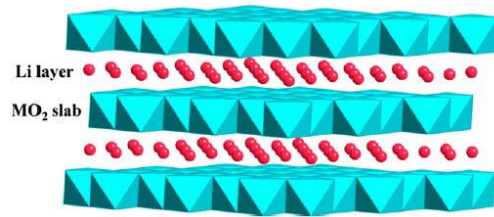
Anoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif. Parameter pengembangan dari material untuk digunakan sebagai anoda antara lain kepadatan energi yang dihasilkan serta siklus pemakaian atau *cyclability*. Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki karakteristik antara lain memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan menyimpan dan melepas muatan/ion yang bagus, memiliki tingkat siklus pemakaian yang lama, mudah untuk diproses/dibuat, aman dalam pemakaian (tidak beracun), dan harganya murah. Salah satu material yang dapat berperan sebagai anoda adalah material yang berbasis carbon seperti LiC₆ atau grafit. Selain grafit, material berbasis karbon yang dapat digunakan untuk anoda yaitu *soft carbon*, *graphene* dan *hard carbon*. Material lain yang dapat berperan sebagai anoda antara lain lithium titanium oxide (LTO). Material ini aman dipakai serta memiliki tingkat siklus pemakaian yang cukup lama. Pengembangan material pada anoda ini terus berlanjut seiring penelitian mengenai sifat-sifat suatu material (Fadli Rohman, 2012:91). Tabel 1 memberikan contoh beberapa material yang pernah digunakan sebagai anoda dengan kapasitas energinya.

Tabel 1. Beberapa material yang dipakai untuk anoda (Manjhunata, 2010)

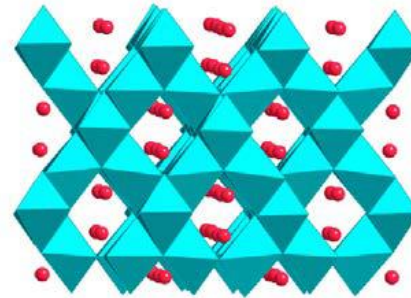
Material	Kapasitas (teori) (Ah/kg)	Kapasitas (Ah/kg)
Li _x V ₂ O ₂	75	40
Li _x V ₂ O ₂ /Ppy	75	47
LiV ₃ O ₈	145	40-45
Li ₂ Mn ₄ O ₉	156	110
Li ₄ Mn ₅ O ₁₂	202	110
Polypyrrole (Ppy)	120	52,5

Elektroda Positif (Katoda)

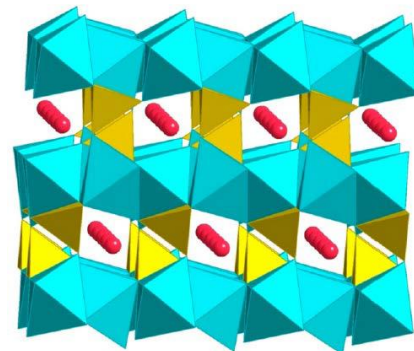
Katoda merupakan elektroda yang fungsinya sama seperti anoda yaitu pengumpul ion serta material aktif. Namun perbedaannya adalah katoda merupakan elektroda positif. Beberapa karakteristik yang harus dipenuhi suatu material yang digunakan sebagai katoda antara lain material tersebut terdiri dari ion yang 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 (tidak mudah berubah strukturnya atau terdegradasi baik saat pemakaian maupun pengisian ulang), harganya murah dan ramah lingkungan. Pada tahun 1980 material LiCoO₂ menjadi kandidat material pertama yang digunakan sebagai katoda pada *Lithium-Ion Battery*. Kerapatan energi yang dimiliki LiCoO₂ sebesar 140 A.h/kg. Walaupun demikian material tersebut memiliki kestabilan yang rendah dan harganya relative mahal. Sejalan dengan peningkatan performa katoda, beberapa penelitian yang dilakukan antara lain membuat katoda dari LiMO₂ (M = Co (Cobalt); Ni (Nikel) ; Mn (Mangan); dan lainnya). LiMO₂ tersebut dibentuk dalam bentuk layer-layer (seperti pada gambar 1). Adapula material yang digunakan sebagai katoda dibentuk dalam bentuk spinel LiM₂O₄ (M : Mn (Mangan)); serta olivine LiMPO₄F (M : Fe) dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 (Bo Xu, 2012). Tabel 2 menunjukkan beberapa jenis material yang dapat digunakan untuk katoda dengan besar kapasitas energinya yang dapat disimpan (Fadli Rohman, 2012:92).



Gambar 1. Struktur Kristal layer LiMO₂ (biru : ion logam transisi ; merah : ion lithium) (Bo Xu, 2012)



Gambar 2. Struktur kristal spinel LiM₂O₄ (biru : ion logam transisi ; merah : ion lithium) (Bo Xu, 2012).



Gambar 3. Struktur kristal olivin LiMPO₄F (biru : ion logam transisi ; merah : ion lithium) (Bo Xu, 2012).

Tabel 2. Beberapa jenis material yang digunakan untuk katoda (Manjhunata, 2010)

Material	Kapasitas (teori) (Ah/kg)	Kapasitas (Ah/kg)
LiCoO ₂	140	112
LiMn ₂ O ₄	148	84,6
LiMn ₂ O ₄ /MWCNTs	148	117
LiMnO ₂	-	62
γ-MnO ₂	148	120
LiMnPO ₄	170	75

Elektrolit

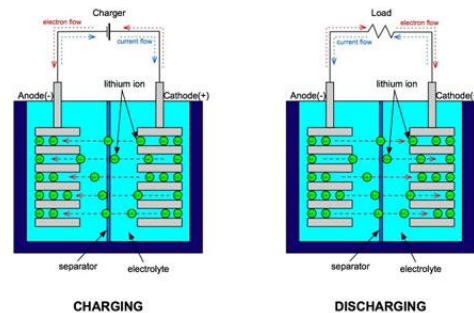
Elektrolit adalah bagian yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda atau sebaliknya. Karakteristik elektrolit yang penting untuk diperhatikan antara lain konduktivitas, aman (tidak beracun) serta harganya murah. Elektrolit ini terbagi dalam dua jenis yaitu elektrolit cair dan elektrolit padat. Kedua jenis ini memiliki kelebihan serta kekurangannya. Kelebihan dari elektrolit cair antara lain memiliki konduktivitas ionik yang besar, harga yang murah, dan aman. Namun kekurangannya adalah memiliki performa siklus pemakaian yang rendah (tidak tahan lama) yaitu hanya berkisar 25 kali siklus dan dapat mengurangi kerapatan energi. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektrolit cair antara lain LiNO_3 , LiClO_4 , Li_2SO_4 , garam LiNO_3 , garam Li_2SO_4 , LiPF_6 . Elektrolit padat sendiri keuntungannya yaitu memiliki konduktivitas yang besar serta dapat tahan lama dibandingkan dengan elektrolit yang cair. Jenis elektrolit padat ini berupa keramik atau polimer organik. Contoh material yang dipakai untuk elektrolit padat antara lain yaitu $(\text{La},\text{Li})\text{TiO}_3$ (Fadli Rohman, 2012:93).

Separator

Separator adalah suatu material berpori yang terletak di antara anoda dan katoda berfungsi untuk mencegah agar tidak terjadi hubungan singkat dan kontak antara katoda dan anoda. Selain itu separator harus dapat dilewati oleh ion lithium dengan baik. Tidak hanya sebagai pembatas antar elektroda, separator memiliki peranan penting dalam proses penghasilan listrik, pengisian ulang, dan tentunya keamanan pada baterai litium ion sendiri. Beberapa hal yang penting untuk memilih material agar dipilih sebagai separator antara lain material tersebut bersifat insulator, memiliki hambatan listrik yang kecil, kestabilan mekanik (tidak mudah rusak), memiliki sifat hambatan kimiawi untuk tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang seragam atau sama di seluruh permukaan. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai separator antara lain polyolefins (PE dan PP), Polyvinylidene fluodire (PVdF), PTFE (teflon), PVC, dan polyethylene oxide (Fadli Rohman, 2012:94).

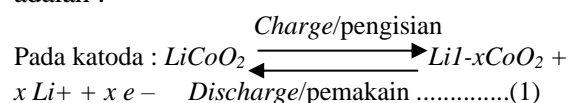
Hasil Dan Pembahasan

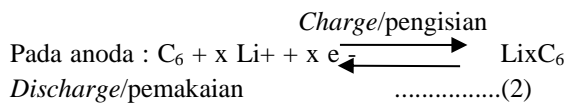
Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa *Lithium-Ion Battery* tersusun dari empat komponen penting yaitu anoda, katoda, elektrolit serta separator. Kedua proses ini dapat dilihat pada Gambar 4. Pada proses pemakaian listrik (*discharging*) elektron dari anoda mengalir ke katoda melalui kabel konektor sedangkan lithium yang berada pada sistem (di dalam baterai) lepas dari anoda karena kekurangan elektron untuk berpindah menuju katoda melalui elektrolit. Pada proses pengisian (*charging*), elektron dari katoda mengalir menuju anoda sedangkan ion lithium dalam sistem berpindah dari katoda menuju anoda melalui elektrolit (Fadli Rohman, 2012:94). Proses charge dan discharge baterai lithium-ion bekerja menurut fenomena interkalasi, yaitu proses pelepasan ion lithium dari tempatnya di struktur kristal suatu bahan elektroda dan penyisipan ion lithium pada tempat di struktur kristal bahan elektroda yang lain (Prihandoko, 2010).



Gambar 4. Proses pemakaian dan pengisian ulang pada *Lithium-Ion Battery*

Reaksi yang terjadi pada sistem *Lithium-Ion Battery* tersebut merupakan reaksi reduksi dan reaksi oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron oleh suatu molekul atau atom sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron pada suatu molekul atau atom. Sebagai contoh, misalkan kita memakai LiCoO_2 sebagai katoda, LiC_6 sebagai anoda dan LiPF_6 sebagai elektrolit pada *Lithium-Ion Battery*. Maka reaksi yang terjadi adalah :





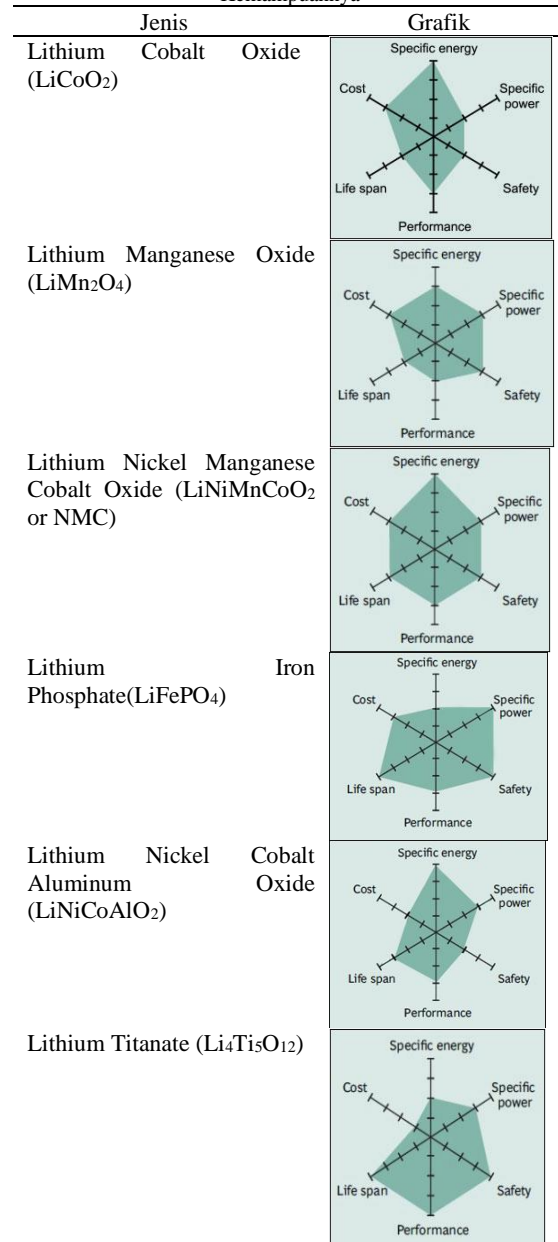
Jenis baterai lithium

Terdapat beberapa jenis baterai lithium-ion, diantaranya dijelaskan Tabel 3 berikut:

Jenis	Volta ge (V)	Capaci ty (Wh/k g)	Char ge (C- rate)	Disch arge (C- rate)	Cycle life	Aplicatio n
Lithium Cobalt Oxide (LiCoO ₂)	3,60	150- 200	0,7- 1C; 4,2V	1C; 2,50V Cut off	500- 1000	Mobile phones, tablets, laptop, cameras
Lithium Mangane se Oxide (LiMn ₂ O ₄)	3,70V	100- 150	0,7- 1C; 4,2V	1C- 10C; 2,50V Cut off	300- 700	Power tools, medical devices, electric powertra ns
Lithium Nickel Mangane se Cobalt Oxide (LiNiMn CoO ₂ or NMC)	3,60; 3,70	150- 220	1-2C; 4,20 V	1C- 2C; 2,50V Cut off	1000- 2000	E-bikes, medical devices, industria l
Lithium Iron Phosphat e(LiFePO ₄)	3,20; 3,30	90-120	1C; 3,65 V	1C- 25C; 2,50V Cut off	1000- 2000	Portable and stationar y needing high load currents and enduran ce
Lithium Nickel Cobalt Aluminu m Oxide (LiNiCo AlO ₂)	3,60	200- 260	0,7C; 4,20 V	1C; 3,00V Cut off	500	Medical devices, industria l, electric powertra n (tesla)
Lithium Titanate (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂)	2,40	50-80	1C- 5C; 2,85 V	10C- 30C; 1,80V	3000- 7000	UPS, electric powertra n, solar power street lighting

Sedangkan secara grafik, perbandingan antara *specific energy*, *specific power*, *safety*, *performance*, *life span* & *cost* dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Jenis Baterai Lithium-Ion Berdasarkan Kemampuannya



Kesimpulan

Berdasarkan paparan diatas, dapat diketahui bahwa baterai lithium-ion adalah salah satu jenis baterai sekunder (*rechargeable battery*) yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan. Komponen utama penyusun baterai lithium-ion terdiri atas: elektroda negatif (anoda), elektroda positif (katoda), elektrolit dan separator. Prinsip kerja dari baterai lithium-ion bekerja menurut fenomena interkalasi, yaitu proses pelepasan ion lithium dari tempatnya di struktur kristal suatu bahan elektroda dan penyisipan ion lithium pada tempat di struktur kristal bahan

elektroda yang lain. Baterai lithium ion memiliki banyak jenis, diantaranya adalah: Lithium Cobalt Oxide (LiCoO_2), Lithium Manganese Oxide (LiMn_2O_4), Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LiNiMnCoO_2 or NMC), Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4), Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (LiNiCoAlO_2) dan Lithium Titanate ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$).

Daftar Pustaka

- Lawrence H. Van Vlack. (1992). *Ilmu dan Teknologi bahan*. Erlangga, edisi 5
- Manjunatha, H; Suresh, G.S; Venkatesha, T.V. (2011). Electrode materials for aqueous rechargeable lithium batteries. *Journal of Solid State Electrochem*, Vol. 15, Issues 3: 431–445
- Oates, Krysten. (2010). *Lithium-ion Batteries: Commercialization History and Current Market*. Foresight Science and Technology.
- Prasetyo, Anton. (2012). *Graphene*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rohman, Fadli.(2012) *Aplikasi Graphene Untuk Lithium Ion Battery*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Xu, Bo, et. al. (2012). Recent Progress in cathode materials research for advanced lithium ion batteries. *Journal of Materials Science and Engineering R*, Vol. 73, Issues 5–6: 51-65