



Sintesis Elektroda Baterai Litium-Ion Berbasis *Spent Nickel Catalyst* Berkapasitas Tinggi

Dewi Pratiwi¹, Hafid Khusyaeri¹, Haris Ade Kurniawan¹, Agus Purwanto¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Corresponding author: aguspurwanto@staff.uns.ac.id

Abstrak. Baterai telah dipertimbangkan sebagai media penyimpan energi listrik untuk perangkat elektronik pengganti energi fosil. Baterai litium ion mempunyai keunggulan berupa densitas energi yang tinggi, ringan, dan rendah polusi. Salah satu katoda terbaik bagi baterai ini adalah NCA karena memiliki densitas energi spesifik dan densitas daya spesifik yang tinggi serta umur yang lebih lama dibandingkan dengan LiCoO₂. Keterbatasan nikel sebagai salah satu material NCA mendorong untuk berinovasi lebih lanjut, salah satunya adalah pemanfaatan kandungan nikel pada *spent nickel catalyst*. Pengambilan logam nikel pada *spent nickel catalyst* ini menggunakan metode *leaching*. Metode ini dipilih karena memiliki proses yang sederhana, dapat dilakukan dalam skala besar, dan ekonomis dari segi biaya. Mengingat *spent nickel catalyst* merupakan limbah B3, proses recovery nikel ini dianggap inovasi solutif untuk mengurangi dampak negatif dari limbah ini sehingga memunculkan konsep *zero waste* serta mengatasi permasalahan dalam keterbatasan logam nikel di Indonesia. Berikut merupakan ulasan dari hasil studi literasi.

1. Pendahuluan

Sejak revolusi industri, sumber energi non-terbarukan seperti batu bara, minyak dan gas alam telah banyak dimanfaatkan. Namun, efeknya terhadap lingkungan dapat mengancam keberlangsungan makhluk hidup. Oleh karena itu, penting dalam mengembangkan alat penyimpanan energi yang bersih dan dapat diperbarui untuk menanggulangi masalah kekurangan energi dan lingkungan, salah satunya adalah baterai [1].

Teknologi baterai dengan performa terbaik saat ini adalah jenis baterai litium ion (LIB). Baterai ini telah menunjukkan kinerja terbaik dalam hal energi, kepadatan daya, dan stabilitas siklus. Baterai ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu elektroda (anoda dan katoda), elektrolit, dan separator. Katoda memerankan peran penting pada LIB. Katoda pertama yang sukses secara komersial adalah LiCoO₂. Meskipun LiCoO₂ memiliki kapasitas teori spesifik, spesifik energi, dan densitas yang tinggi [2], pada kenyataannya hanya setengah dari kapasitas teori katoda LiCoO₂ yang bisa digunakan. Hal inilah yang mendorong pengembangan material katoda *nickel-rich*, NCA (LiNi_{0,8}Co_{0,15}Al_{0,05}O₂) sebagai salah satu alternatif. NCA memiliki densitas energi spesifik yang tinggi, densitas daya spesifik dan umur yang lebih lama dibandingkan dengan LiCoO₂. Salah satu material penyusun katoda NCA adalah nikel. Nikel merupakan salah satu sumber daya mineral [3] yang ketersediannya terbatas. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menaksir cadangan nikel Indonesia hanya bisa bertahan setidaknya hingga 2029 karena meningkatnya kebutuhan domestik. Kepala Subdirektorat Pengawasan Usaha Eksplorasi Mineral Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian ESDM, Andri Budhiman Firmanto menyebut cadangan nikel saat ini ada di angka 698,88 juta ton, dengan jumlah ini hanya dapat menjamin suplai bijih nikel bagi fasilitas pemurnian selama 7,3 tahun [4].

Katalis merupakan komponen penting di dalam suatu proses di industri. Salah satu katalis yang digunakan dalam industri adalah katalis nikel [5]. Katalis digunakan dalam industri secara terus-menerus dalam suatu proses kontinyu, namun aktivitas katalis akan berkurang sampai titik tidak ekonomis kembali untuk diregenerasi, sehingga katalis tersebut dibuang menjadi limbah [6]. Rata-rata, umur pemakaian katalis nikel adalah 3 sampai 5 tahun [7]. Limbah katalis nikel termasuk golongan limbah berbahaya (B3) karena kandungan nikel dan pengotor lain [8]. Melihat hal tersebut,

ekstraksi logam dari sumber daya sekunder merupakan suatu inovasi solutif. Pemanfaatan kandungan nikel dalam limbah katalis nikel (*spent nickel catalyst*) sebagai salah satu bahan penyusun katoda LIB jenis NCA merupakan suatu inovasi terhadap masalah keterbatasan logam nikel serta akumulasi limbah jenis B3 di Indonesia.

2. Metode Pelaksanaan

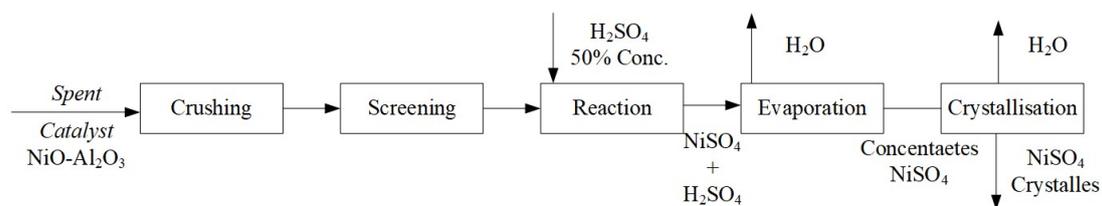
2.1. Materi

2.1.1. Baterai Litium Ion (LIB)

Baterai sekunder litium ion atau *Lithium Ion Battery* (LIB), sebagai perangkat penyimpanan energi, telah menjadi pilihan populer untuk perangkat elektronik seluler dan nirkabel, *power tools*, transportasi hibrida seperti *Electric Vehicle* (EV) dan *High power performance* (HEV) [9]. Penelitian tentang LIB telah dilakukan sejak 1970-1980-an dan Sony menjadi pelopor yang berhasil melakukan komersialisasi pada tahun 1991 [10]. Katoda pertama yang sukses secara komersial adalah LiCoO_2 karena kapasitas teori spesifik yang tinggi (274 mAh g^{-1}), spesifik energi tinggi ($0,98 \text{ Wh g}^{-1}$), dan densitas tinggi ($5,10 \text{ g cm}^{-3}$) [2]. Namun pada kenyataannya hanya setengah dari kapasitas teori katoda LiCoO_2 yang bisa digunakan (144 mAh). Selain itu, LiCoO_2 beracun, tidak stabil, dan mahal [11]. Hal inilah yang menyebabkan penemuan alternatif material katoda NCA. Material katoda *nickel-rich*, NCA merupakan material katoda yang sangat menjanjikan karena memiliki densitas energi spesifik dan densitas daya spesifik yang tinggi serta umur yang lebih lama dibandingkan dengan LiCoO_2 [11]. Secara eksperimental, NCA memiliki kapasitas hingga $\sim 199 \text{ mAh g}^{-1}$ [12].

2.1.2. Spent Nickel Catalyst

Meningkatnya permintaan logam di dunia memerlukan studi intensif untuk ekstraksi logam dari bijih berkadar rendah dan/atau sumber daya sekunder. Ekstraksi nikel dapat dilakukan dari sumber daya sekunder seperti katalis bekas, *flay ash*, dan *boiler ash* [13]. Dalam industri, pengambilan kandungan nikel kembali atau *recovery nickel* dilakukan dengan metode *leaching* (pelindian) [13]. Pemilihan metode *leaching* ini dikarenakan proses yang sederhana, dapat dilakukan dalam skala besar, dan ekonomis. Berikut proses *leaching* yang dilakukan oleh Al-Mansi & Abdel Monem (2002) [14].



Gambar 1. Proses *leaching spent nickel catalyst*

Beberapa studi terdahulu mengenai *leaching* nikel dari *spent nickel catalyst* disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Studi literatur *leaching spent nickel catalyst*

Referensi	Hasil
[15]	Ekstraksi nikel dari alumina berbasis <i>spent nickel catalyst</i> ($\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$), pencucian dengan larutan asam sulfat. 90% nikel diperoleh kembali sebagai nikel sulfat.
[16]	<i>Leaching spent nickel catalyst</i> bermutu rendah dengan asam klorida. Diperoleh efisiensi ekstraksi nikel rendah (hanya sekitar 18%)
[17]	Ekstraksi nikel dan vanadium dari <i>oil-fired flay ash</i> dari Taiwan, dengan pencucian dalam asam sulfat 0,5 N diperoleh ekstraksi 60% nikel.

- [14] Ekstraksi nikel dari *spent nickel catalyst* bekas Mesir dengan konsentrasi asam sulfat 50%, perbandingan pada/cair 1:12 dan waktu kontak lebih dari 5 jam, didapatkan konversi mencapai 99%.

2.2. Metode

2.2.1. Metode Sintesis NCA ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$)

Dari hasil studi dari penelitian di laboratorium, terdapat beberapa metode sintesis katoda NCA yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Studi Literatur Metode Sintesis Katoda NCA ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$)

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Solid State [18]	<ul style="list-style-type: none"> Sudah diaplikasikan pada skala industri Mudah dan praktis 	<ul style="list-style-type: none"> Performa rendah Homogenitas rendah
Ko-presipitasi [19]	<ul style="list-style-type: none"> Mudah dan praktis Homogenitas tinggi Bahan bisa bermacam-macam 	<ul style="list-style-type: none"> Kebutuhan air yang digunakan banyak Sulitnya mengontrol variabel
Spray Pirolisis [20]	<ul style="list-style-type: none"> Murah, kemurnian produk tinggi Keseragaman bentuk merata 	<ul style="list-style-type: none"> Perlu pelindung, yaitu dengan penambahan zat aditif
Sol-gel [21]	<ul style="list-style-type: none"> Partikel berukuran nano Memiliki kapasitas tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> Bahan volatil yang mudah terbakar (etanol) Penurunan kapasitas akibat kereaktifitas
Hidrotermal [22]	<ul style="list-style-type: none"> Memiliki kapasitas yang tinggi Dapat dibuat dalam skala besar 	<ul style="list-style-type: none"> Beroperasi pada tekanan dan temperatur tinggi Garam eutektik mahal yang terdiri dari LiNO_3 dan LiCl, garam berharga untuk dicuci

Dari ulasan di atas, metode yang dirasa sesuai untuk mensintesis katoda NCA adalah metode ko-presipitasi dan solid state. Hal ini dikarenakan metode tersebut menghasilkan homogenitas yang tinggi serta sudah diaplikasikan di industri.

3. Kesimpulan

Pengembangan material elektroda berkinerja tinggi merupakan sesuatu yang fundamental. Katoda NCA menunjukkan performa bagus sehingga terpilih sebagai kandidat katoda baterai litium ion dibandingkan LiCoO_2 . Namun ketersediaan logam nikel di Indonesia yang semakin terbatas menjadi permasalahan baru. Kebaruan merupakan sesuatu yang penting dalam karya tulis ilmiah. Oleh karena itu, dalam naskah ulasan ini dipelajari cara memperoleh kembali nikel dari *spent nickel catalyst* sebagai katoda NCA untuk baterai litium ion dengan metode *leaching*, sedangkan katoda NCA disintesis dengan metode ko-precipitasi dan solid state.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka banyak yang bisa dimanfaatkan dari *spent nickel catalyst* yang jarang diolah kembali sehingga akan meningkatkan kualitas serta mengurangi dampak negatif dari bahaya limbah B3 tersebut sehingga memunculkan konsep *zero waste*.

4. Referensi

- [1]H. Cheng, J. G. Shapter, Y. Li, and G. Gao, "Recent progress of advanced anode materials of



materials for High-Performance Lithium Batteries,” *Electrochim. Acta*, vol. 190, no. 3, pp. 932–938, 2016.