

PELUANG PERTUMBUHAN DAN PROSPEK PASAR DAUR ULANG BATERAI DI ASIA PASIFIK

Angella Natalia Ghea Puspita, Irwan Haryanto, Arini Mulia Salsabila, Abdul Hapid

Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Mineral, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gedung 820 Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, Banten 15314

Email : angella.natalia@bppt.go.id

Abstract

The increasing use of lithium-ion batteries in the world has led to an increase in interest in battery raw materials and has also increased the waste generated from used batteries that are no longer used. This is also due to the increasing use of batteries in electronics and the increasing sales of electric cars in the world. The process of recycling lithium-ion batteries in the world is predicted to increase due to the limited availability of preparation components. Geographically, Asia Pacific generates USD 1,15 billion in revenue in terms of battery recycling. The existence of a battery energy storage policy has contributed greatly to the growth of battery recycling in Asia Pacific.

Asia Pacific is the largest and fastest growing lithium-ion battery recycling market region, as there many companies undertaking similar activated in the region, especially in China. At present, China as well as in the world, pyrometallurgical recycling technology is widely used to recover nickel and cobalt. However, lithium was left as slag because it was considered less profitable. Current recycling technology is based on lead and lithium-ion batteries. Lead battery recycling is well developed and accounts for 50% of lead batteries produced. This processing technology could pave the way for lithium-ion battery recycling. However, in practice recovery of lithium and other precious metals is not easy given the difference in structure and characteristic between lead and lithium-ion batteries. Therefore, the use of pyrometallurgical and hydrometallurgical technologies is combined to increase the efficiency of the process.

According to the Agency of Central Statistics (BPS) in 2016, in Indonesia there was the use of lithium-ion batteries in power bank at 14 million unit/year, emergency lights at 900 thousand/year, and other household electrical appliance at 1,2 million units/year. Currently in Indonesia, there is already an electric vehicle recycling company, namely PT. Indonesia Puqing Recycling Technology in Morowali, Central Sulawesi. This company already has the right technology and is ready to produce batteries from the recycle process. Unfortunately, to carry out its production, PT. Indonesia Puqing Recycling Technology is still having problems with licensing related to aspects of Toxic and Hazardous Material (B3) waste.

Kata Kunci : *prospect, market, batteries, recovery, Asia Pacific, China, India, Indonesia*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya penggunaan baterai lithium ion di dunia membuat permintaan akan bahan baku baterai meningkat dan juga membuat limbah yang dihasilkan dari baterai bekas yang sudah tidak terpakai kembali juga menjadi semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya penggunaan baterai pada alat elektronik dan meningkatnya penjualan mobil listrik di dunia. Proses daur ulang baterai lithium ion menjadi salah satu solusi untuk memenuhi

permintaan akan baterai yang semakin meningkat dan juga sebagai solusi dari jumlah limbah baterai yang semakin meningkat. (Markets and Markets, 2021)

Elektrifikasi pada sektor transportasi di masa depan penting untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan beban bahan bakar fosil. Teknologi energi bersih modern seperti kendaraan listrik, mengandung sejumlah elektronik berteknologi tinggi dan komponen lain yang sangat bergantung pada logam. Peningkatan jumlah total kendaraan listrik dari 1,13 Milyar pada tahun 2011 menjadi 2,6

Milyar dalam skenario dasar, 2,55 Milyar dalam skenario sedang dan 2,25 Milyar dalam skenario ketat pada tahun 2050. Cadangan geologis kobalt, lithium, dan nikel tampaknya akan menghadapi tekanan yang lebih tinggi akibat meningkatnya permintaan logam oleh baterai kendaraan listrik. Sedangkan geopolitik faktor risiko pasokan menjadi penting dalam kasus *Rare Earth Mineral* (REE) karena konsentrasi pasar yang ada. Daur ulang baterai dan substitusi teknologi di berbagai tingkat tampaknya dapat mengurangi kerentanan kendaraan listrik terhadap peningkatan geologi dan geopolitik risiko pasokan logam. (Habib dkk, 2020)

Selain itu, kekhawatiran yang berkembang terhadap perangkat portable dan kendaraan listrik telah menyebabkan peningkatan permintaan yang sangat besar untuk baterai litium – ion. Selanjutnya baterai litium – ion akan menjadi sumber sekunder untuk pemulihan logam berharga dan sekaligus memiliki ancaman terhadap lingkungan. Sehingga baterai litium – ion perlu di daur ulang dengan baik untuk memperoleh manfaat ekonomi. (Mohanty dkk, 2021)

Adapun manfaat kegiatan daur ulang baterai antara lain baterai mengandung bahan kimia berbahaya, mendapatkan kembali material yang tidak bisa diperbaharui, mengurangi biaya pembuatan baterai baru, Mengurangi resiko bahaya api dan ledakan, Mengurangi biaya pajak untuk pengelolaan limbah, dan baterai mudah didaur ulang. (W&S, 2020)

Pasar daur ulang baterai litium-ion dunia diprediksi akan mengalami peningkatan karena terbatasnya ketersediaan komponen penyusunnya seiring dengan meningkatnya permintaan kendaraan listrik. Hasilnya, pendapatan industri ini akan melonjak dari US\$ 165,3 juta pada tahun 2019 dengan CAGR substansial sebesar 18,3% selama tahun 2020-2030. (P&S Intelligence, 2020)

Dalam perangkat penyimpanan energi pada baterai jenis litium-ion, pergerakan ion litium antara dua terminal menyebabkan proses pengisian dan pengosongan (*charge and discharge*), tergantung pada arah aliran ion. Saat proses pengosongan (*discharging*), ion litium bergerak dari anoda menuju katoda dan terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Saat proses pengisian (*charging*), ion litium bergerak dari katoda menuju anoda dan terjadi perubahan energi listrik menjadi kimia. Baterai ini mengandung bahan yang tidak terlalu beracun dibandingkan beberapa baterai lainnya, itulah sebabnya mengapa proses daur ulang baterai ini lebih diminati sehingga jumlah industrinya meningkat. (P&S Intelligence, 2020)

Pembagian pasar untuk daur ulang baterai litium-ion saat ini tersegmentasi berdasarkan

pengguna akhirnya, yaitu sumber daya listrik, otomotif, komponen elektrik, barang elektronik, dan lain-lain. Di antara pasar tersebut, pangsa industri terbesar pada 2019 dipegang oleh divisi otomotif. Karena ketersediaan logam lithium cukup terbatas, bahan daur ulang sekarang digunakan dalam produksi baterai. Ketersediaan logam yang adalah faktor terbesar yang membantu memajukan pasar daur ulang baterai litium-ion. (P&S Intelligence, 2020)

Selain jumlahnya sedikit, bahan penyusun baterai litium-ion bisa menyebabkan bahan kimia yang digunakan tumpah dan mencemari perairan saat ditambang. Selain itu, tidak tersedianya bahan lain yang menawarkan karakteristik kimiawi yang sama seperti litium membuat logam ini sangat berharga bagi pengguna akhir. Karena semua faktor ini, daur ulang baterai litium-ion harus dimaksimalkan, sehingga logam litium sebanyak mungkin dapat diambil. (P&S Intelligence, 2020)

Pembuangan limbah baterai litium-ion bekas memungkinkan pemulihan, daur ulang, dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Pelepasan lengkap perangkat elektrokimia, terutama pelepasan melalui elektroda bahan dan kolektor arus (tembaga/aluminium foil). Pelepasan antara partikel bahan elektroda, adalah persyaratan penting untuk memastikan hasil energi elektrolit polimer. (Chandran dkk, 2021)

Baterai litium-ion banyak diaplikasikan pada tablet, laptop, ponsel, dan beberapa perangkat elektronik lainnya, sehingga sektor listrik dan elektronik akan menjadi ruang kesempatan yang besar pada masa yang akan datang. Dengan perluasan industri ini di Korea Selatan, Cina, Thailand, dan India, permintaan baterai litium-ion pun meningkat. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh perusahaan yang menawarkan perangkat penyimpanan energi daur ulang dan material daur ulang yang diambil. Misalnya, pada tahun 2019, TCL Corporation yang berbasis di Cina menyatakan dukungan dalam bentuk insentif sebesar US\$312,40 juta di hub elektronik yang akan datang di Tirupati, India. (P&S Intelligence, 2020)

Secara geografis, Asia Pasifik menghasilkan pendapatan sebesar USD 1,15 miliar dalam hal daur ulang baterai. Adanya kebijakan penyimpanan energi baterai berkontribusi besar pada pertumbuhan daur ulang baterai di Asia Pasifik. Semakin banyak perusahaan daur ulang baterai litium-ion akan membantu pertumbuhan regional Asia Pasifik. (P&S Intelligence, 2020)

Limbah elektronik telah mendapatkan perhatian dunia karena perputarannya yang

sangat cepat dan nilai ekonominya yang potensial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa timbunan limbah elektronik di Indonesia diproyeksikan meningkat dari sekitar 2 juta ton (pada tahun 2021) menjadi 3,2 juta ton (pada tahun 2040), yang setara dengan 7,3 – 10 kg/kapita (pada tahun 2040). Ini mewakili nilai ekonomi yang senilai US \$ 2,2 Milyar menjadi US \$ 14 Milyar tembaga, emas, perak, platinum dan palladium dalam limbah elektronik. Selain itu, menurut penelitian pada tahun 2021, Pulau Jawa berkontribusi 56% dari total e-waste di Indonesia. (Mairizal dkk, 2021)

Negara-negara Asia sudah menerapkan prinsip tanggung jawab *extended producer* terhadap *e-waste* sejak akhir 1990-an. Negara Cina memulai program daur ulang limbah elektronik pada Januari 2011, sedangkan di India diberlakukan sejak Mei 2012. Meskipun pentingnya menerapkan undang-undang limbah elektronik relatif lambat di Asia Tenggara. (Yoshida dkk, 2016) Indonesia sudah menerapkan Peraturan Presiden (PP) Nomor 101 tahun 2014 terkait Pengelolaan Limbah B3 dimana didalamnya mengatur terkait pengelolaan limbah elektronik termasuk didalamnya limbah baterai litium-ion. (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2018).

Oleh karena itu, diperlukan kajian literatur untuk mengetahui peluang pertumbuhan dan prospek pasar Daur ulang baterai khususnya di wilayah Asia Pasifik yaitu di negara Cina, India dan Indonesia. Cina, India, dan Indonesia merupakan 3 negara di Asia Pasifik dengan jumlah penduduk terbanyak.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peluang pertumbuhan dan prospek pasar Daur ulang baterai di wilayah Asia Pasifik yaitu pada negara China, India, dan Indonesia.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah Data Sekunder yang didapatkan dari *paper-paper* yang telah dipublikasi dan data *market research* yang didapat secara gratis di internet.

Metode

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kajian literatur dengan menganalisa data kuantitatif yang didapatkan dari *paper-paper* sebelumnya yang telah terpublikasi dan ditambahkan dengan data *market research*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peluang pertumbuhan pasar Recycling Baterai

Berdasarkan data (Markets and Markets, 2021) pasar daur ulang baterai litium – ion global diproyeksikan mengalami pertumbuhan dari US \$ 4,6 Milyar pada tahun 2021 menjadi US \$ 22,8 Milyar pada tahun 2030 dengan persentase CAGR sebesar 19,6% selama periode 2021-2030. Adapun peluang utama terkait pasar daur ulang Baterai lithium – ion adalah meningkatnya investasi dalam pengembangan kendaraan listrik serta subsidi untuk mendorong adanya pasar daur ulang baterai litium-ion.

Meningkatnya permintaan kendaraan listrik pada Industri mobil yang sedang beralih ke penggunaan bahan bakar bersih yang berkelanjutan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya ketergantungan yang tinggi pada minyak sebagai bahan bakar dalam sistem transportasi, yang menyebabkan meningkatnya kekhawatiran daripada pemerhati lingkungan dan para ekonom, Meningkatnya kesadaran lingkungan yang mengarah pada adopsi kendaraan listrik, Meluasnya penggunaan kendaraan listrik yang mengadopsi pada peningkatan kebutuhan baterai litium – ion, Penghematan energi, Pengurangan polusi, Peningkatan perkembangan teknologi baterai serta persyaratan perawatan yang rendah untuk baterai litium-ion. (Markets and Markets, 2021)

Baterai litium – ion hadir di setiap perangkat elektronik. Baterai ini digunakan dalam kendaraan listrik dan hibrida untuk mendukung kesepakatan mengurangi emisi gas rumah kaca. Akibatnya, permintaan kendaraan listrik meningkat di dunia. Karena baterai litium – ion terdiri dari logam penting dimana ada risiko gangguan pasokan dalam jangka menengah dan daur ulang adalah kunci untuk masa depan yang berkelanjutan. Memahami skenario saat ini dan perspektif masa depan penting untuk strategi desain baterai baru, rute daur ulang, dan *reverse logistics*, serta kebijakan untuk pembangunan yang berkelanjutan. Selain itu pentingnya dan manfaat daur ulang berhubungan dengan pasokan logam kritis dan tren masa depan menuju ekonomi sirkular. (Martins dkk, 2021)

Berdasarkan *end user*, pasar daur ulang baterai litium – ion dikategorikan menjadi dua segmen utama otomotif dan non-otomotif yang selanjutnya dikategorikan ke dalam sub segmen seperti industri, listrik, dan kelautan. Otomotif adalah segmen terbesar di pasar baterai litium-ion global karena perkembangan berkelanjutan dalam industri EV yang mendukung pertumbuhan pasar. Karena kepedulian terhadap lingkungan dan

kesadaran tentang bahan bakar yang bersih dan berkelanjutan, permintaan akan kendaraan listrik meningkat secara signifikan. (Markets and Markets, 2021)

Segmen litium – nikel mangan dan kobalt menyumbang pangsa pasar terbesar pada tahun 2020 karena penggunaan utamanya dalam aplikasi seperti e-bike dan power trains listrik lainnya. Pasar daur ulang baterai Li-NMC tumbuh karena kenaikan eksponensial dalam penjualan kendaraan listrik. Faktor lain untuk pertumbuhan pasar di Kawasan seperti Eropa dan Amerika Utara adalah keberadaan jaringan pengumpulan baterai yang sudah habis masa pakainya. (Markets and Markets, 2021)

Prospek Pasar Recycling Baterai di Asia Pasifik

Asia Pasifik adalah wilayah pasar daur ulang baterai litium-ion terbesar dan paling cepat berkembang, karena adanya banyak perusahaan yang melakukan kegiatan serupa di kawasan ini, terutama di Cina. Selain itu, penggunaan mobil listrik meningkat dengan cepat di Jepang, Cina, Indonesia, Vietnam, dan Filipina, sebagai solusi atas masalah lingkungan serta dukungan pemerintah yang kuat. Oleh karena itu, untuk memenuhi permintaan litium dan komponen lain serta bahan kimia dalam baterai tersebut, kawasan tersebut akan membutuhkan kegiatan daur ulang baterai litium-ion yang kuat juga. (P&S Intelligence, 2020)

Asia Pasifik dan Amerika Utara diperkirakan akan menguasai lebih dari 80% pangsa pasar baterai litium-ion global pada tahun 2024. Hal ini terutama dapat dikaitkan dengan kehadiran industri yang mapan, serta peningkatan penggunaan baterai litium-ion dalam perangkat elektronik portabel, mobil listrik, dan *uninterrupted power supply system* (W&S, 2020). Pada *technical notes* ini akan dibahas secara spesifik pasar daur ulang baterai pada wilayah Asia Pasifik, khususnya di China, India, dan Indonesia. (P&S Intelligence, 2020)

Adapun dibawah ini akan dijelaskan terkait Prospek pasar Recycling Baterai di negara Cina, India dan Indonesia, dimana ke-3 negara tersebut merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak di Asia Pasifik.

Prospek Pasar Recycling Baterai di Cina

Dalam laporan *Circular Energy Storage*, saat ini di dunia terdapat 54 industri berbasis daur ulang baterai yang sedang dan akan memiliki kapasitas untuk mendaur ulang baterai jenis litium-ion. 24 di antaranya berbasis di Cina, dimana lebih dari tiga perempat dari total keseluruhan baterai

didaur ulang saat ini. Berbeda dengan negara lain, baterai di Cina dan beberapa negara lain di Korea Selatan dan Jepang, tidak didaur ulang oleh pendaur ulang independen. Kegiatan ini dilakukan oleh produsen baterai menggunakan bahan dari baterai daur ulang dalam bahan prekursor dan katoda. (Qiao dkk, 2020)

Pendorong kegiatan daur ulang terutama adalah alasan untuk mengamankan pasokan ketika pasar litium dan kobalt semakin terjepit. Permintaan kuat yang memicu peningkatan skala pabrik yang didasari pada teknologi canggih telah menjadikan pendaur ulang Cina sebagai pemimpin dunia. Baterai yang didaur ulang sebagian besar bersumber dari Eropa, Amerika Utara dan seluruh dunia. Melalui ekspansi industri yang berkembang pesat untuk elektronik portabel yang berpusat di sekitar Hong Kong dan Shenzhen, baterai terdistribusi secara luas sehingga kemungkinan besar limbah baterai yang ada tidak hanya akan didaur ulang di Eropa atau Amerika Utara, tetapi di Cina dan Korea Selatan. (Qiao dkk, 2020)

Industri di Cina juga unggul dengan rantai nilai yang terintegrasi secara vertikal, di mana modul baterai yang dibuat untuk mobil dan bus listrik nantinya dapat ditransfer ke divisi penyimpanan energi sebagai pos penyimpanan sementara. Kontrol yang dipertahankan atas baterai, kemitraan di seluruh rantai nilai, dan peningkatan penggunaan konektivitas jarak jauh untuk diagnostik dan pemantauan sel adalah bisnis proses yang semakin umum di Cina. Tantangan terbesar untuk industri daur ulang baterai litium-ion di Cina sendiri bukanlah kualitas baterainya, atau menemukan target pasar atau aplikasi yang sesuai, melainkan untuk memastikan baterai yang sudah terpakai dapat didapatkan kembali untuk didaur ulang. (Qiao dkk, 2020)

Dunia transportasi merupakan kontributor nomor satu pada emisi *Greenhouse gas*. Bersama negara lain, Cina sudah menandatangani *Paris Agreement* untuk mengatasi masalah tersebut. Pemerintah Cina diharapkan dapat mewujudkan elektrifikasi penuh untuk kendaraan bermesin pembakaran pada tahun 2050. Perkembangan pesat kendaraan listrik menyebabkan pertumbuhan yang berkelanjutan dari permintaan baterai litium-ion yang mengarah ke sebuah peningkatan permintaan untuk litium. Hal ini dapat mengancam kapasitas *supply* yang dimiliki Cina. (Qiao dkk, 2020)

Saat ini Cina adalah konsumen litium pertama di dunia. Tercatat Cina menjadi konsumen dari 50% litium di seluruh dunia. Di sisi lain, Cina hanya memproduksi 7% dari keseluruhan produksi litium di dunia. Hal ini akan menyebabkan Cina tidak bisa mengimbangi *supply* litiumnya untuk

kebutuhan baterai mobil listrik. Namun, permasalahan ini dapat diatasi apabila Cina melakukan *recovery* litium dari baterai litium-ion. (Qiao dkk, 2020)

Permintaan kumulatif litium dari semua sektor aplikasi di Cina akan melampaui jumlah ketersediannya pada tahun 2028 nanti. Kegiatan daur ulang akan mengatasi permasalahan tersebut dimana perolehan litium dari limbah baterai litium-ion dapat mencapai 3-7 wt%, dan 28-ton limbah baterai litium-ion dapat *recovery* 1-ton litium. (Qiao dkk, 2020)

Adanya kegiatan daur ulang baterai untuk mendapatkan kembali logam litium, apabila tidak didampingi dengan penggunaan kembali litium tersebut akan menyebabkan *oversupply* pada *basic demand*. Dengan penggunaan Li-S, *oversupply* ini akan mencapai 2.33 Mt pada tahun 2050 dengan *recovery rate* 80%. (Qiao dkk, 2020)

Saat nanti kendaraan listrik sudah makin banyak, total permintaan litium akan mencapai 5.67 Mt pada tahun 2031, melampaui ketersediaan litium total di Cina. Namun, apabila litium yang didapatkan dari proses daur ulang digunakan, litium yang didapatkan tadi akan sesuai dengan permintaan baterai litium-ion pada tahun 2050. (Qiao dkk, 2020)

Saat *recovery rate* daur ulang ada pada 20%, perbedaan antara total permintaan litium dan litium hasil daur ulang akan mencapai 6.26 Mt, dimana semakin besar perbedaan ini, akan semakin besar kebutuhan bahan mentah litium. (Qiao dkk, 2020)

Di sisi lain, penggunaan litium hasil daur ulang dapat menyimpan *raw material* litium dengan menerapkan skenario *closed-loop*. Penerapan sistem ini bukan hanya menghindari *oversupply* litium tapi juga dapat menyimpan ketersediaan litium dari *raw material*. Skenario ini bisa dikembangkan dengan standardisasi baterai, subsidi keuangan, dan infrastruktur daur ulang yang lebih baik. (Qiao dkk, 2020)

Hasil *survey online* yang dilakukan pada tahun 2017 didapatkan bahwa responden di Cina menyatakan kesediaan untuk melakukan daur ulang baterai litium - ion, tetapi sebagian besar tidak tahu kemana akan mengirimkan baterai litium - ion bekasnya. Sedangkan berdasarkan hasil Investigasi lapangan baterai litium-ion bekas tidak termasuk dalam limbah peralatan listrik dan elektronik. Sehingga dapat disimpulkan baterai litium - ion yang digunakan dalam elektronik diperkirakan besarnya kurang dari 10% yang melakukan proses daur ulang. (Gu dkk, 2017)

Saat ini, di Cina maupun dunia, teknologi daur ulang dengan pirometalurgi banyak digunakan

untuk mendapatkan kembali nikel dan kobalt. Namun, litium ditinggalkan menjadi *slag* karena dinilai kurang menguntungkan. (Qiao dkk, 2020)

Salah satu perusahaan Cina, GEM Co., Ltd. mendirikan fasilitas daur ulang yang kuat dan terbesar di 16 bidang industri daur ulang. Pada prakteknya, GEM menerapkan model ekonomi *closed-loop* untuk daur ulang berasosiasi dengan badan teknologi lainnya. GEM menargetkan konsumsi masyarakat sebagai bagian penting rantai daur ulang dengan menciptakan kesadaran pada masyarakat. (Qiao dkk, 2020)

Di Cina saat ini sedang mengembangkan penggunaan sekunder daur ulang baterai litium - ion dari kendaraan listrik pada sistem penyimpanan energi baterai untuk *power load peak shaving* (PLPS) yang dapat mengurangi biaya dan meningkatkan tingkat pemanfaatan energi, dimana hasilnya jika diinvestasikan pada *grid company* dan diaplikasikan memiliki prospek yang baik di Cina. (Sun dkk, 2020)

Prospek Pasar Recycling Baterai di India

Menurut PBB, India adalah negara terpadat kedua dengan 1,37 miliar penduduk pada tahun 2019, dan diperkirakan akan bertambah 273 juta orang pada tahun 2050. Pengurangan emisi CO₂ dan pertemuan kebutuhan energi untuk populasi yang begitu besar akan menjadi tantangan utama bagi pengembangan keberlanjutan India. Hal ini memacu India untuk mengembangkan *Electric Vehicle* (EV) dan sektor energi terbarukan. Baterai sebagai sistem penyimpanan energi dapat membantu dalam meningkatkan masalah energi yang terkait dengan energi terbarukan tersebut. (Kala dan Mishra, 2021)

Pemerintah India menargetkan menjadi negara pengguna 100% kendaraan listrik pada tahun 2030 tetapi setelah peninjauan kelayakan, pemerintah menurunkan targetnya menjadi 30%. Adanya kekurangan bahan yang digunakan dalam pembuatan baterai diakibatkan oleh sumber daya logam terbatas tapi permintaannya terus meningkat.

Penggunaan energi terbarukan dan pengurangan konsumsi bahan bakar adalah kunci untuk mengurangi pemanasan global dan pelepasan emisi gas berbahaya ke atmosfer. Baterai sebagai salah satu solusi langsung, datang bersama tantangan lingkungan lainnya. Hal ini menimbulkan pertanyaan bagaimana penyimpanan energi dikelola. Oleh karena itu, pemerintah India mengadopsi rute daur ulang dan penggunaan kedua (*secondary-use*) dari baterai ini. Daur ulang baterai tidak hanya membantu menghindari pemenuhan limbah baterai di TPA,

tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan dan *circular economy* dengan menggunakan kembali bahan mentah dan menggunakan bahan tersebut pada *life-cycle* semaksimal mungkin. Permintaan daur ulang untuk baterai memicu pembuat kebijakan India untuk memanfaatkan prospek tersebut hingga dan menghasilkan kebijakan yang sesuai. (Kala dan Mishra, 2021)

Kebutuhan baterai meroket setiap tahunnya, baik tipe primer (sekali pakai) dan sekunder (*rechargeable*). Baterai sekunder didominasi oleh tipe litium-ion. Penelitian mengidentifikasi bahwa daur ulang baterai kendaraan listrik memiliki nilai pasar US\$ 138.6 juta pada tahun 2017 dan diperkirakan akan tumbuh menjadi US\$ 2272,3 juta pada tahun 2025. (Kala dan Mishra, 2021)

Teknologi daur ulang saat ini berbasis pada baterai timbal dan litium-ion. Pengolahan daur ulang baterai timbal sudah berkembang dengan baik dan berkontribusi 50% baterai timbal yang diproduksi. Teknologi pengolahan ini dapat membuka jalan untuk daur ulang baterai litium-ion. Namun pada praktiknya, *recovery* litium dan logam berharga lainnya tidak mudah mengingat adanya perbedaan struktur dan karakteristik antara baterai timbal dan litium-ion. Maka dari itu, penggunaan teknologi pirometalurgi dan hidrometalurgi dikombinasikan untuk meningkatkan efisiensi proses. (Kala dan Mishra, 2021)

Teknologi baterai saat ini didasarkan pada litium, tetapi fokusnya akan bergeser ke arah baterai berbasis nikel dan kobalt. Menurut analisis Mckinesy, nikel dan kobalt tidak mengalami surplus sesuai proyeksi permintaan pada tahun 2025. Hal ini mengakibatkan kesenjangan pasokan permintaan logam penting yang digunakan dalam baterai litium-ion. (Kala dan Mishra, 2021)

Proyeksi permintaan nikel pada tahun 2025 adalah sebanyak 1.460 KT, sementara ketersediannya hanya sebesar 1240 KT sehingga diperkirakan ada kekurangan 220 KT. Demikian pula, dalam kasus kobalt permintaan yang diproyeksikan pada tahun 2025 adalah sebesar 210 KT, sedangkan pasokannya sebesar 170–214 KT dan kekurangan yang diproyeksikan sebesar 30–40 KT. (Kala dan Mishra, 2021)

Sementara itu, menurut Indian Mineral Book 2018, konsumsi nikel dan kobalt India bergantung pada impor sebab India tidak menghasilkan nikel dan kobalt melalui sumber primer. Namun, jika India memanfaatkan teknologi daur ulang, India bisa aman dari kekurangan bahan baku baterai. (Kala dan Mishra, 2021)

Kondisi India yang tidak memiliki cadangan logam akan membuat industri daur ulang dalam negeri memberikan keamanan bagi material

langka tersebut. Daur ulang merupakan langkah menuju konservasi sumber daya. Sesuai saran NITI Ayog, India membutuhkan kebijakan untuk mengamankan bahan mentah pembuat baterai litium-ion. Kebijakan difokuskan pada peningkatan ketersediaan bahan baku dalam negeri sebagai prioritas, disamping mengamankan penambangan strategis di luar India. (Kala dan Mishra, 2021)

India merupakan pasar konsumen yang besar untuk barang-barang elektronik, dengan upaya pemerintah menuju digitalisasi yang tumbuh secara eksponensial, India membutuhkan strategi untuk menangani limbah domestik komponen elektrik tersebut. Perkiraan luas jumlah baterai berbasis litium diilustrasikan pada Tabel untuk beberapa elektronik yang digunakan di India pada tahun 2018. Melalui pengembangan teknologi yang sesuai dan pembingkai kebijakan penumpukan limbah ini dapat diubah menjadi peluang. (Kala dan Mishra, 2021)

India merupakan pasar bagi kendaraan listrik dan energi terbarukan. Penyebaran energi terbarukan dan penetrasi kendaraan listrik dikaitkan dengan sistem penyimpanan energi yang efisien dan baterai adalah alat yang cocok. Seperti banyak negara lainnya, India juga memiliki kebijakan terkait hal tersebut, tetapi tanpa mengelola logistik untuk limbah baterai, India tidak akan bisa berkontribusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. India telah secara signifikan meningkatkan pangsa energi terbarukannya dalam kegiatan daur ulang baterai, tetapi untuk memanfaatkan potensi maksimum, Kedepannya, India memerlukan teknologi yang layak secara komersial. Bantuan dari asosiasi dengan penyedia teknologi, bekerja sama dengan lembaga penelitian dan industri akan membantu India mengatasi tantangan terkait dengan daur ulang baterai disana. (Kala dan Mishra, 2021)

Prospek Pasar *Recycling* Baterai di Indonesia

Menciptakan industri ramah lingkungan yang sesuai dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan salah satu poin dari Revolusi Industri 4.0 Indonesia. Dengan tujuan tersebut, Kementerian Perindustrian Indonesia mendorong peningkatan nilai tambah terhadap pengelolaan limbah melalui peran industri daur ulang, khususnya pada industri kendaraan listrik berbasis baterai. Ketersediaan salah satu komponennya, yaitu litium, yang terbatas membuat Kemenperin mengusungkan proses pendapatan kembali litium dari baterai bekas. Pemerintah Indonesia juga menggagas peraturan penggunaan mobil ramah lingkungan, dimana dengan adanya regulasi tersebut, pasar kendaraan listrik Indonesia bisa berkembang pesat seperti yang diprediksikan,

yaitu sekitar 250 ribu ton pada tahun 2020-2024. (Hapsari dkk, 2019)

Selain baterai untuk mobil listrik, penggunaan baterai litium-ion juga kerap dijumpai pada aplikasi *smartphone*, tablet, dan laptop. Penelitian yang dilakukan BPS juga menyebutkan bahwa pada 2016, terdapat penggunaan baterai litium-ion pada *powerbank* sebesar 14 juta unit/tahun, lampu darurat sebesar 900 ribu/tahun, dan peralatan listrik rumah tangga lainnya sebesar 1,2 juta unit/tahun. (Hapsari dkk, 2019)

Urgensi akan perlunya teknologi dan industri berbasis daur ulang baterai di Indonesia juga didukung oleh bahaya limbah baterai litium-ion pada lingkungan dan keterbatasan bahan baku material. (Hapsari dkk, 2019)

Disamping itu, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri (BPPI) Indonesia juga menyampaikan, dengan kegiatan daur ulang baterai, Indonesia akan mengalami penyerapan tenaga kerja, peningkatan kemampuan belanja dalam negeri melalui bertambahnya Tingkat Komponen dalam Negeri (TKDN) dari produk industri, dan peningkatan pasar ekspor. (Hapsari dkk, 2019)

Riset mengenai daur ulang baterai litium-ion juga sudah dilaksanakan oleh BPPT sejak 2019, dengan target *pilot project* teknologi pengolahan limbah baterai berbasis litium. Adapun Pengembangan dan Penguasaan Penyimpanan Energi (*Energy Storage*) juga termasuk dalam Prioritas Riset Nasional (PRN) 2020-2024, sehingga teknologi dan sumber daya manusia dengan kemampuan dan keahlian yang memadai di bidang ini sangat diperlukan. (Hapsari dkk, 2019)

Saat ini di Indonesia sudah terdapat perusahaan daur ulang kendaraan listrik yaitu PT Indonesia Puqing Recycling Technology di Morowali, Sulawesi Tengah. Perusahaan ini sudah memiliki teknologi yang tepat dan siap memproduksi baterai dari proses recycle. Sayangnya untuk menjalankan produksinya, PT Indonesia Puqing *Recycling Technology* masih terkendala dengan perijinan terkait aspek limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3). Selain itu Indonesia juga belum memiliki cukup litium bekas sebagai bahan baku produksinya, sehingga masih memerlukan izin impor. (Hapsari dkk, 2019)

Dilihat dari prospek pasar dan potensi pasar daur ulang baterai litium – ion di kawasan Asia Pasifik yaitu di negara Cina, India dan Indonesia, maka diperlukan adanya kebijakan serta regulasi terkait proses daur ulang baterai, karena kebutuhan bahan baku yang semakin menimpis, sedangkan kebutuhan terkait kendaraan listrik

semakin banyak. Selain itu diperlukan juga adanya intensif-intensif kepada pelaku usaha/produsen untuk terus mengembangkan dan mendorong pemanfaatan proses daur ulang baterai untuk keberlangsungan energi terbarukan dengan semakin berkurangnya sumberdaya fosil dan meningkatnya perubahan iklim yang disebabkan adanya efek rumah kaca.

4. KESIMPULAN

Pasar daur ulang baterai litium – ion global diproyeksikan mengalami pertumbuhan seiring meningkatnya kebutuhan kendaraan listrik. Meningkatnya permintaan kendaraan listrik pada Industri mobil yang sedang beralih ke penggunaan bahan bakar bersih yang berkelanjutan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya ketergantungan yang tinggi pada minyak sebagai bahan bakar dalam sistem transportasi, meningkatnya kesadaran lingkungan yang mengarah pada adopsi kendaraan listrik, meluasnya penggunaan kendaraan listrik, penghematan energi, pengurangan polusi, peningkatan perkembangan teknologi baterai serta persyaratan perawatan yang rendah untuk baterai litium-ion. Berdasarkan *end user*, pasar daur ulang baterai litium – ion dikategorikan menjadi dua segmen utama otomotif dan non-otomotif yang selanjutnya dikategorikan ke dalam sub segmen seperti industri, listrik, dan kelautan.

Peningkatan inovasi teknologi berbasis listrik yang semakin berkembang menghasilkan manfaat sekaligus tantangan pada aspek ekonomi dan lingkungan untuk menanggapi, dilakukan kegiatan daur ulang baterai sebagai komponen penyimpanan energi.

Pasar daur ulang baterai litium-ion dunia diprediksi akan mengalami peningkatan karena terbatasnya ketersediaan komponen penyusunnya seiring dengan meningkatnya permintaan kendaraan listrik Selain itu, Asia Pasifik dan Amerika Utara diperkirakan akan menguasai lebih dari 80% pangsa pasar baterai litium-ion global pada tahun 2024. Hal ini terutama dapat dikaitkan dengan kehadiran industri yang mapan, serta peningkatan penggunaan baterai litium-ion dalam perangkat elektronik portabel, mobil listrik, dan *uninterrupted power supply system*. Selain itu, pentingnya dan manfaat daur ulang juga berhubungan dengan pasokan logam kritis dan tren masa depan menuju ekonomi sirkular. Penerapan ekonomi sirkular ini telah diterapkan di banyak negara-negara maju Eropa.

Kemungkinan besar limbah baterai yang ada tidak hanya akan didaur ulang di Eropa atau Amerika Utara, tetapi di Cina dan Korea Selatan.

Industri di Cina juga unggul dengan rantai nilai yang terintegrasi, namun Cina memiliki tantangan agar baterai yang sudah terpakai dapat didapatkan kembali oleh mereka untuk didaur ulang.

Cina mulai mempertimbangkan adanya daur ulang litium selain nikel dan kobalt, Peningkatan kebutuhan litium akan baterai kendaraan listrik dapat memicu peningkatan permintaan litium, meningkatkan harganya, dan berdampak pada merebaknya kegiatan daur ulang untuk daur ulang baterai litium-ion.

Selain itu, di Cina saat ini sedang mengembangkan penggunaan sekunder daur ulang baterai litium – ion dari kendaraan listrik pada sistem penyimpanan energi baterai untuk *power load peak shaving* (PLPS) yang dapat mengurangi biaya dan meningkatkan tingkat pemanfaatan energi.

Tingginya angka penduduk India menyebabkan permasalahan lingkungan juga. Saat ini India telah secara signifikan meningkatkan pangsa energi terbarukannya dalam kegiatan daur ulang baterai, tetapi untuk memanfaatkan potensi maksimum, Kedepannya, India memerlukan teknologi yang layak secara komersial. Bantuan dari asosiasi dengan penyedia teknologi, bekerja sama dengan lembaga penelitian dan industri akan membantu India mengatasi tantangan terkait dengan daur ulang baterai disana.

SARAN

Penelitian selanjutnya terkait prospek pasar daur ulang baterai di kawasan lain seperti di Kawasan Amerika Utara, Amerika Selatan, Eropa serta Kawasan Timur Tengah dan Afrika serta ditambahkan dengan data Kuantitatif untuk memperkuat analisa yang ada.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Mineral (PTPSM), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Chandran, V, Arita Ghosh, Chandrashekhar K. Patil, V. Mohanavel, A.K. Priya, Robbi Rahim, R. Madavan, U. Muthurama, Alagar Karthick. 2021. "Comprehensive review on recycling of spent lithium-ion batteries". *Material Today: Proceedings* 47(1):167-180.

Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. 2018. Artikel: "Pengelolaan Limbah Elektronik di Provinsi DKI Jakarta."

Gu, Fu, Jianfeng Guo, Xing Yao, Peter A. Summers, Samuel D. Widijatmoko, Philip Hall. 2017. "An investigation of the current status of recycling spent lithium-ion batteries from consumer electronics in China." *Journal of Cleaner Production* 161:765-780.

Habib, Komal, Snjolaug Tinna Hansdottir, Hina Habib. 2020. "Critical metals for electromobility: Global demand scenarios for passenger vehicles, 2015 – 2050." *Resources, Conservation & Recycling* 154:104603.

Hapsari, Ade Utami, dkk. 2019. Ringkasan Eksekutif Riset Pro Non-Degree Program 2019: "Lithium-ion battery Recycling R&D" Haenicke Institute for Global Education and College of Engineering and Applied Science Western Michigan University, USA." Indonesia. BPP Teknologi.

Kala, Sashi dan A. Mishra. 2021. "Battery recycling opportunity and challenges in India". *Material Today: Proceedings* 46(3): 1543-1556.

Mairizal, Aulia Qisthi, Agung Yoga Sembada, Kwong Ming Tse, Muhammad Akbar Rhamdhani. 2021. "Electronic waste generation, economic values, distribution map, and possible recycling system in Indonesia. *Journal of Cleaner Production* 293(6):126096.

Markets and Markets. 2021. Laporan: "Lithium-ion Battery Recycling Market by End Use (Automotive, Non-Automotive), Battery Chemistry, Battery Components, Recycling Process (Hydrometallurgical Process, Pyrometallurgy Process, Physical/Mechanical Process), and Region – Global Forecast to 2030."

Martins, Livia Salles, Lucas Fonseca Guimaraes, Amilton Barbosa Botelho Junior, Jorge Alberto Soares Tenorio, Denise Crocchio Romano Espinosa. 2021. "Electric car battery: An overview on global demand, recycling and future approaches towards sustainability." *Journal of Environmental Management* 295:113091.

Mohanty, Archita, Sibananda Sahu, Lala Behari Sukla, Niharbala Devi. 2021. "Application of various processes to recycle lithium – ion batteries (LIBs): A brief review." *Materials today: Proceedings* 47(5): 1203-1212.

P&S Intelligence. 2020. Artikel: "Lithium-Ion Battery Recycling Market to Grow with 18.3% CAGR Through 2030." Diakses melalui: <https://www.prnewswire.com/news-releases/lithium-ion-battery-recycling-market-to-grow-with-18-3-cagr-through-2030-ps-intelligence-301157719.html>

- Qiao, Donghai, Gaoshang Wang, Tianming Gao, Bojie Wen, Tao Dai. 2020. "Potential impact of the end-of-life batteries recycling of electric vehicles on lithium demand in China: 2010–2050." *Science of the Total Environment* 764(4): 142835.
- Sun, Bingxian, Xiaojia Su, Dan Wang, Lei Zhang, Yingqi Liu, Yang Yang, Hui Liang, Minming Gong, Weige Zhang, Jiuchun Jiang. 2020. "Economic analysis of lithium-ion batteries recycled from electric vehicles for secondary use in power load peak shaving in China." *Journal of Cleaner Production* 276:123327.
- W&S. 2020. Artikel "6 Benefits of Recycling Batteries." Diakses melalui: <https://www.wsrecycling.co.uk/news/post/6-benefits-of-recycling-batteries>
- Yoshida, Aya, Atsushi Terazono, Florencio C. Ballesteros Jr., Duc-Quang Nguyen, Sunandar Sukandar, Michikazu Kojima, Shozo Sakata. 2016. "E-waste recycling process in Indonesia, the Philippines, and Vietnam: A case study of cathode ray tube TVs and monitors." *Resources Conservation and Recycling* 106: 48-58.