**OVER DISCHARGED (DEEP DISCHARGED)**

**Definisi**

Setiap baterai Li-ion yang diproduksi pabrik memiliki batas tegangan terendah (*cut-off voltage)* yang menyatakan titik di mana baterai dikatakan *fully discharged.* Nilai *cut-off* *voltage* berhubungan langsung dengan tingkat *discharged rates.* Semakin cepat laju *discharged* sebuah baterai, maka semakin rendah nilai *cut-off voltage*. Nilai *cut-off voltage* juga sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Proses *over-discharging* adalah proses *discharge* baterai pada nilai tegangan baterai di bawah *cut-off voltage* (Patel D., 2019).

**Meningkatkan Resistansi Internal Baterai**

Pada proses *over-discharging* jumlah muatan listrik yang dikeluarkan sebenarnya adalah 1.5 hingga 2 kali dari rating baterai (Patel D., 2019). Hal ini akhirnnya meningkatkan nilai resistansi internal baterai. Pada baterai *lead acid*, hal ini dijelaskan dengan berkurangnya konsentrasi elektrolit baterai secara drastis saat baterai mengalami *over-discharging* hingga menjadi air murni saat baterai mencapai kondisi *fully discharged* (powerstream, 2019). Peningkatan resistansi internal baterai dapat berdampak pada kerusakan atau penurunan kualitas baterai seperti, penurunan kapasitas baterai, kenaikan termal pada internal baterai, proses *charging* kembali yang lebih sulit, hingga ketidakmampuan baterai untuk diisi ulang kembali.

**Resiko *Over Discharge***

*Over discharge* adalah salah satu penyebab terjadinya arus pendek internal (*internal short circuit)*. Baterai semakin berpotensi untuk mengalami *over discharge* semakin banyaknya sel baterai yang dihubungkan secara seri pada penggunaan tegangan tinggi, seperti pada mobil listrik (Guo et al., 2016). Inkonsistensi sel-sel dalam *battery pack* menyebabkan beberapa unit sel yang disusun secara seri dan paralel dalam baterai boks mengalami *over discharged* (Wang et al., 2020).

**Pemicu ISC**

*Internal short circuit* adalah salah penyebab utama pelarian termal berdasarkan data kecelakaan mobil listrik. Pemicu-pemicu ISC dapat dikategorikan menjadi *mechanical abuse, electrical abuse, thermal abuse, dan self-induced* (Feng et al., p.21, 2017). Penelitian mengenai ISC pada umumnya menggunakan pendekatan deformasi mekanis (seperti *crush* dan *penetration test*) atau penggunaan za tasing untuk memicu *self-induced* ISC. Guo et al. (p.2, 2016) menemukan bahwa ISC dapat dipicu oleh proses *over discharge* tanpa melalui intervensi zat asing ataupun destruksi mekanis.

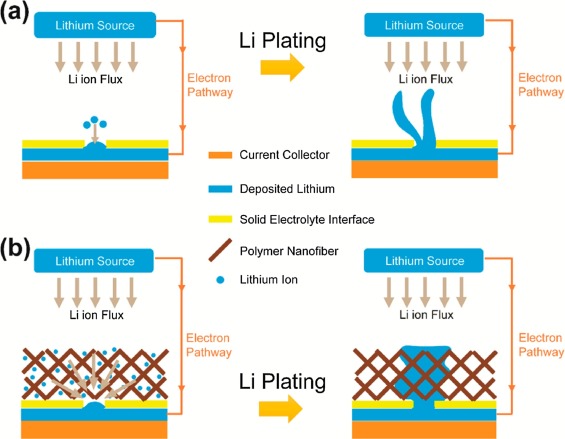
Sel litium ion yang mengalami proses *discharge* di bawah 1.5 V dapat menyebabkan larutnya tembaga (Cu) yang berasal dari kolektor arus pada anoda yang menyebabkan teroksidasinya Cu menjadi Cu2+. Beberapa percaya bahwa karena adanya perbedaan tegangan antara anoda dan katoda, ion Cu2+ dapat menembus separator dan memicu ISC. Yang lain membahas kemungkinan ion Cu2+ menyebar di antara partikel karbon anoda sehingga terbentuknya situs *alloy* untuk pertumbuhan dendrit1 logam Li. Proses yang terulang-ulang dari siklus ke siklus dapat menyebabkan jembatan logam Li yang dapat memicu ISC (Maleki, p.1396, 2006).

Guo et al. (p.6, 2016) melakukan eksperimen *over discharge* menggunakan baterai Li-ion dengan katode LiyNi1/3Co1/3Mn1/3O2 (NCM) and anode grafit. Percobaan dilakukan hingga -100% SOC. ISC atau pemudaran kapasitas baterai tidak terjadi sebelum -12% SOC. Akan tetapi, ISC terjadi saat SOC lebih rendah dari -12% SOC akibat larutnya tembaga (Cu) dan desposisi elektrode. ISC akibat *over discharged* akan lebih berpotensi terjadi saat baterai Li-ion dikoneksikan secara seri dengan konsistensi yang baik.

Chart

Description automatically generated

Proses larutnya Cu saat over discharged (Guo et al., p.3, 2016)



Proses Terbentuknya Dendrit Litium (Xu et al., 2017)

**Contoh Eksperimen**

Diagram

Description automatically generated

Eksperimen *Over Discharged* (Guo et al., p.7, 2016)

Diagram

Description automatically generated

Eksperimen dengan Katode LiCoO2, Anode Grafit (Maleki, p.1396, 2006).

1Litium dendrit adalah mikrostruktur metal yang terbentuk pada electrode negatif saat proses *charging* saat kondisi operasi tak normal seperti *overcharging* atau *lower temperature charging*, terbetuk saat ion litium berlebih berakumulasi pada permukaan anode dan tidak dapat diserap ke dalam anode secara tepat waktu.