

---

---

# KESESUAIAN AKI KENDARAAN BERMOTOR TIPE L YANG BEREDAR DI PASARAN DENGAN SNI

## *Conformity of Motor Vehicle L Type Lead Acid Batteries in the Market with SNI*

Bayu Sentany dan Seto Ayom Cahyadi

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T), Kementerian Perindustrian RI – Jl. Sangkuriang No. 14, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: bayusentany@kemenperin.go.id

Diterima: 24 Juni 2019, Direvisi: 1 Oktober 2019, Disetujui: 17 Juli 2020

### Abstrak

Unjuk kerja aki kendaraan bermotor dipengaruhi oleh parameter kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar. Persyaratan dan metode pengujian parameter kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar produk aki kendaraan kategori L terdapat pada SNI 4326:2013. Aki dinyatakan mempunyai kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar yang baik bila nilai hasil pengujiannya lebih besar atau sama dengan nilai ambang batas standar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja aki kendaraan bermotor tipe L yang beredar di pasar. Sampel aki yang dipakai sebanyak 33 merek, yang terdiri dari 4 tipe aki. Pada setiap merek aki digunakan sampel sebanyak 3 buah. Sampel ini diambil dari 20 kota di Indonesia secara acak. Peralatan uji yang dipakai untuk pengujian kapasitas adalah *Battery Life Cycle Tester*, sedangkan untuk pengujian karakteristik pelepasan arus besar digunakan peralatan uji *Computer Controlled Reserve Capacity Tester* dan *Temperature Shock Test Chambers*. Dari hasil pengujian dan pengamatan disimpulkan bahwa 4 merek (12,12%) tidak lolos uji kapasitas, 24 merek (72,72%) tidak lolos uji karakteristik pelepasan arus besar dan hanya 8 merek (24,24%) yang memenuhi persyaratan sesuai SNI karena lolos uji kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar.

**Kata kunci:** aki kendaraan kategori L, Standar Nasional Indonesia (SNI), unjuk kerja

### Abstract

*The performance of motor vehicle batteries is influenced by the capacity and the high-rate discharge characteristic parameter. Requirements and testing methods of the capacity and high-rate discharge characteristic parameter of L-category vehicle batteries are found in SNI 4326: 2013. The battery is said to have good capacity and high-rate current discharge characteristic if the test result value is greater or equal to the threshold value stated on the standard. The purpose of this study is to determine the extent of the performance of L-category vehicle battery in the market. The battery samples used are 33 brands, which consist of 4 battery types. 3 samples are used for each battery brand. These samples were taken from 20 cities in Indonesia randomly. The testing instrument used for capacity testing is the Battery Life Cycle Tester, while for high-rate current discharge characteristic testing the instruments used are the Computer Controlled Reserve Capacity Tester and Temperature Shock Test Chambers. From the results of testing and observations, it is concluded that 4 brands (12.12%) do not pass the capacity parameter test, 24 brands (72.72%) do not pass the test of high-rate current discharge characteristic and only 8 brands (24.24%) that conform with SNI requirements because of pass the capacity and high-rate discharge characteristic testing.*

**Keyword:** Indonesian National Standard (SNI), L-category vehicle battery, performance

## 1. PENDAHULUAN

Aki atau baterai penyimpanan adalah suatu proses kimia listrik, saat pengisian (*charge*) aki energi listrik di ubah menjadi energi kimia dan saat pengeluaran (*discharge*) aki energi kimia diubah menjadi energi listrik. (Latif, Nazir, & Hamdi, 2013). Baterai penyimpanan atau aki yang sering digunakan pada kendaraan bermotor, adalah baterai asam timbal (*lead acid battery*) yang ditemukan oleh Plante pada tahun 1859 kemudian dikembangkan oleh Faure pada tahun 1881 (Sequeira & Pedro, 2007). Aki banyak digunakan pada kendaraan bermotor

dan industri karena praktis, ekonomis, mudah dikembangkan, dan saat ini memiliki pangsa pasar terbesar di dunia (May, Davidson & Monahov, 2018). Akan tetapi, baru ada sedikit investasi yang dilakukan pada penelitian di bidang teknologi aki, baik oleh industri (aki atau kendaraan), universitas, maupun pemerintah, dibandingkan dengan usaha yang dilakukan dalam mencari alternatif penyimpan energi kimia (Kwiecien *et al.*, 2017). Perkembangan metode pembuatan dan material aki saat ini menyebabkan tingkat *discharge* aki lebih tinggi (dari 5 ke 10C), akhir tegangan *discharge* menurun dari 1,75 ke 1,37 Volt tiap sel dan

recovery time aki dari deep *discharge* lebih cepat (Ioannou, Dalamagkidis & Stefanakos, 2016).

Penggantian aki bertegangan 12 V ke media penyimpan energi lainnya tidak akan berlangsung dengan cepat (Moseley & Rand, 2004). Aki mempunyai kemampuan untuk men-*discharge* arus yang besar. Kelebihan ini yang dimanfaatkan terutama untuk *starter* kendaraan bermotor. Baterai aki yang beredar harus mempunyai mutu yang baik. Mutu yang baik ini ditandai dengan adanya logo Standar Nasional Indonesia (SNI) pada baterai aki.

Semua merek yang diuji pada penelitian ini memiliki logo SNI tetapi ada kekhawatiran logo SNI pada sample tidak asli sehingga perlu dilakukan pengecekan ke Lembaga Sertifikasi Produk (LSPR). Apabila logo tersebut asli namun saat dilakukan pengujian hasilnya gagal maka pihak perusahaan pembuat harus meningkatkan konsistensi kualitas produksi dan memperketat Quality Control (QC) mereka. Jika logo SNI tersebut palsu dan aki sudah beredar di masyarakat maka Kementerian Perdagangan berwenang untuk melakukan penindakan (BSN, Humas. 2019). Merek yang diuji berasal dari beberapa wilayah di Indonesia diantaranya Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

Tulisan ini akan fokus terhadap pengujian dua parameter penting yang digunakan untuk menilai unjuk kerja pada aki kendaraan kategori L, yaitu parameter kapasitas dan parameter karakteristik pelepasan arus besar. Persyaratan dan metode uji 2 parameter ini terdapat pada SNI 4326:2013 (SNI 4326: 2013. 2013), di mana untuk masing – masing tipe aki, ambang batas minimum untuk nilai kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar berbeda pula. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja aki kendaraan kategori L yang beredar di pasar, dibandingkan dengan standar SNI sebagai acuannya.

Dari hasil pengujian dan pengamatan disimpulkan bahwa 4 merek(12,12%) tidak lolos ujikapasitas, 24 merek(72,72%) tidak lolos uji karakteristik pelepasan arus besar dan hanya 8 merek (24,24%) yang memenuhi persyaratan sesuai SNI karena lolos uji kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar.

Seharusnya SNI untuk pengujian aki diterapkan secara wajib dan aki yang tidak lulus uji SNI dilarang dijual di pasaran untuk melindungi konsumen. Kementerian Perindustrian dapat membuat kajian untuk membuat SNI menjadi wajib agar perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk aki yang dihasilkan supaya lulus uji SNI melalui *research & development*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas aki dapat diketahui dengan melakukan beberapa parameter pengujian sesuai SNI 4326:2013 (SNI 4326: 2013. 2013) antara lain pengujian kapasitas, karakteristik pelepasan arus besar, vibrasi, penandaan, dan dimensi. Parameter kapasitas dan parameter karakteristik pelepasan arus besar merupakan parameter pengujian yang penting karena menandakan baik/ buruknya unjuk kerja dari aki kendaraan bermotor. Unjuk kerja aki dapat ditentukan dengan berbagai kondisi pelepasan arus. (Keshan, Thornburg, & Ustun, 2016).

Berdasarkan pengalaman sering ditemukan kasus kendaraan bermotor yang susah di-*starter*. Oleh karena itu, pengujian karakteristik pelepasan arus besar harus dilakukan untuk mencegah terjadinya hal tersebut. Pengujian kapasitas juga penting dilakukan supaya masyarakat tidak dirugikan karena membeli aki yang tidak sesuai dengan kapasitas tertera.

Hubungan antara kapasitas baterai dan arus pelepasan bukan merupakan hal yang baru di dunia penelitian (Ioannou, Dalamagkidis, Stefanakos, Valavanis, & Wiley, 2016). Kapasitas menunjukkan muatan aki yang tersedia dan diungkapkan dalam *ampere-hour* (Ah). *Ampere* adalah satuan arus listrik yang didefinisikan sebagai banyak muatan yang melalui sebuah konduktor dalam satu detik. Besarnya kapasitas aki dipengaruhi oleh banyaknya material aktif, elektrolit dan luas plat (Putra, 2010).

Selama aki melepaskan arus saat pemakaian akan terjadi reaksi pada asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) menghasilkan larutan elektrolit air dan menyebabkan cairan aki menjadi encer. Hal ini menandakan konsentrasi asam sulfat (atau masa jenisnya) sangat mempengaruhi kapasitas aki (Dinis, Popa, & Iagar, 2015). Semakin besar kapasitas berarti semakin besar muatan listrik yang tersimpan dalam aki. Satuan yang digunakan adalah *ampere hour* (Ah). Nilai dari kapasitas tiap aki kendaraan tertera pada papan nama / *nameplate* aki. Pengujian kapasitas aki terdapat pada SNI 4326:2013 (SNI 4326: 2013. 2013) klausul 7.3.3.1.

Parameter karakteristik pelepasan arus besar merupakan parameter yang tidak kalah penting dalam menentukan performa aki. Aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari berupa arus yang digunakan untuk *starter* kendaraan bermotor. Arus yang dibutuhkan untuk *starter* kendaraan bermotor sangat besar dibandingkan arus yang digunakan untuk operasional normal kendaraan (penerangan, sirine, dan lain-lain).

Pengujian karakteristik pelepasan arus besar terdapat pada SNI 4326:2013 klausul 7.3.3.2 (SNI 4326: 2013. 2013).

Penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja life cycle aki antara lain dengan modifikasi material aktif pada elektroda positif, seperti conductive additive, porous additive, nucleating additive, dan binder additive (Hao *et al.*, 2018). Selain itu dapat juga dilakukan juga penambahan material aktif pada pelat negatif (NAM) (Flores, Lara, Garcia, Flores, & Videia, 2011), penambahan Discrete Carbon Nanotubes (dCNT) pada kedua elektroda aki (Sugumaran, Everill, Swogger, & Dubey, 2015) dan acid-spray treatment (Lambert *et al.*, 2000). Semua material yang digunakan pada aki masih bisa diperbaiki untuk meningkatkan kualitas dan hasil (Kwiecien *et al.*, 2017).

### 3. METODE PENELITIAN

Laboratorium Listrik Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T) Bandung telah melakukan pengujian terhadap produk aki kendaraan kategori L yang berasal dari berbagai perusahaan dengan berbagai tipe aki. Laboratorium Listrik B4T merupakan satu-satunya laboratorium pengujian aki kendaraan bermotor di Indonesia yang terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Sampel aki diperoleh dengan cara dikirim langsung oleh perusahaan, membeli di pasar, ataupun dikirim oleh Lembaga Sertifikasi Produk (LSPro).

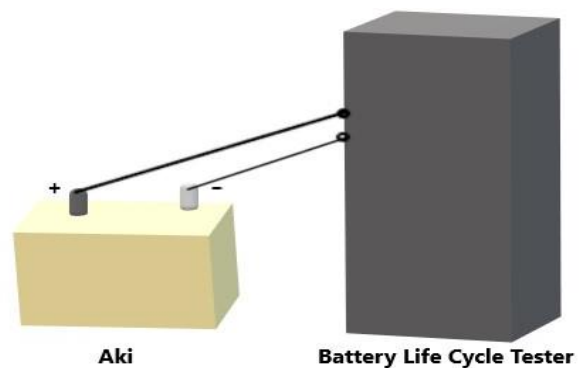
Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 33 merek aki yang terdiri dari 4 tipe aki kendaraan kategori L. Jumlah 33 ini mewakili jenis aki kendaraan type L yg beredar di Indonesia terdiri dari . Sampel aki ini diperoleh dari pasar, dengan jumlah masing-masing merek sebanyak 3 buah aki. Sampel diuji pada tahun 2018. Ruang lingkup penelitian ini adalah pengujian pada parameter kapasitas dan parameter karakteristik pelepasan arus besar karena pada SNI 4326-2013, hanya kedua kedua parameter ini yang merupakan parameter unjuk kerja aki. Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Peralatan pengujian yang digunakan.

Jenis Pengujian	Nama Alat	Spesifikasi
Kapasitas	<i>Battery Life Cycle Tester</i>	Resolusi : 1A/0.001 V Kapasitas : 50 A DC/20 V

Jenis Pengujian	Nama Alat	Spesifikasi
Karakteristik pelepasan arus besar	<i>Computer Controlled Reserve Capacity Tester</i>	Resolusi : 1 A/0.01 V Kapasitas : 25 A DC/13 V
	<i>Thermal Shock Test Systems</i>	Rentang suhu:-80 °C - 200 °C

Pengujian kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar aki dilakukan sesuai dengan SNI 4326-2013 klausul 7.3.3.1 dan 7.3.3.2 tanpa ada perubahan/modifikasi. Aki harus diisi sampai keadaan terisi penuh muatan sebelum dilakukan pengujian kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar. Cara pengisiannya adalah aki diisi dengan laju pelepasan arus 10 jam sampai tegangan terminal diukur tiga kali berturut-turut pada selang waktu 30 menit menunjukkan nilai tetap. Keadaan ini disebut keadaan terisi penuh dengan muatan listrik (*full charge*). Suhu elektrolit atau permukaan elektrolit dari sel aki selama pengisian harus dijaga pada 15 °C sampai 45 °C. Pada aki tipe ventilasi, massa jenis elektrolit harus diantara 1,28 ± 0.005 dan tinggi elektrolit harus pada garis batas atas (*upper level*).



Gambar 1 Cara pengujian kapasitas aki.

Aki yang telah terisi penuh muatan dидiamkan selama 1 jam lalu dilakukan pengujian kapasitas yang ditunjukkan pada Gambar 1. Aki di-*discharge* menggunakan arus laju 10 jam (besarnya arus pengisian atau pelepasan dari aki yang nilainya sama dengan hasil pembagian nilai kapasitasnya dengan angka 10, yang dinyatakan dalam satuan *ampere*) sampai tegangannya mencapai

tegangan putus (*cut-off voltage*), yaitu sebesar 10,5 volt. Hasil kali waktu yang terukur dengan arus merupakan nilai kapasitas (satuan dalam Ah) (persamaan 1).

$$C = I \times t \quad (\text{persamaan 1})$$

Keterangan:

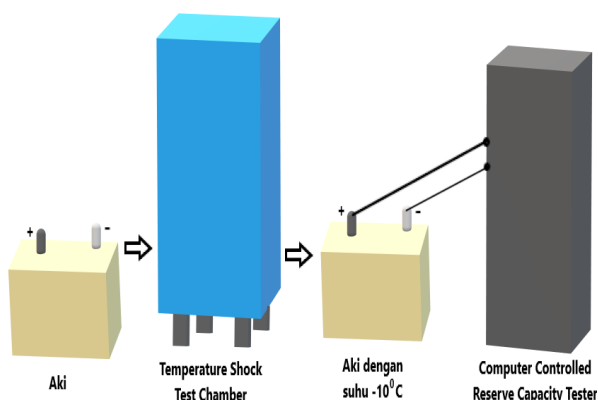
C : kapasitas terukur (Ah)

I : Laju arus 10 jam (A)

t : waktu mencapai tegangan *cut-off* (h)

Persyaratan batas standar untuk parameter kapasitas adalah 95% dari total kapasitas 10 jam yang tertera pada aki kendaraan bermotor. Selama pengujian, suhu elektrolit atau suhu permukaan sel dijaga pada  $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Pengujian dilakukan 3 kali untuk satu merek aki dengan maksimal 2 kali pengujian untuk masing-masing sampel sehingga mendapatkan nilai kapasitas aki tertinggi.

Pengujian karakteristik pelepasan arus besar aki ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Cara pengujian karakteristik pelepasan arus besar.

Aki di-*discharge* dengan nilai arus yang besarnya tergantung masing-masing tipe (sesuai standar), sampai tegangannya mencapai tegangan putus (*cut-off voltage*), yaitu sebesar 6 volt. Sama halnya dengan pengujian kapasitas, pengujian karakteristik pelepasan arus besar juga dilakukan maksimal 3 kali untuk satu merek aki dengan maksimal 2 kali pengujian untuk masing-masing sampel aki sehingga didapat nilai karakteristik pelepasan arus besar tertinggi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, hasil pengujian yang diperoleh dibandingkan dengan persyaratan pada standar SNI 4326:2013 untuk menentukan suatu merek aki gagal atau lulus. Hasil pengujian kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar aki harus sama dengan atau melebihi nilai yang ditentukan standard tanpa nilai toleransi. Data hasil pengujian parameter kapasitas aki dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian kapasitas aki.

Merek	Tipe	Kapasitas	Standar minimal	Keterangan
A1	TZ5S MF	3,7345	3,325	Lulus
A2	TZ5S MF	4,0845	3,325	Lulus
A3	TZ5S MF	5,103	3,325	Lulus
A4	BX5 MF	5,685	4,75	Lulus
A5	TX7 MF	7,956	5,7	Lulus
A6	BX5	5,675	4,75	Lulus
A7	BX5 MF	5,69	4,75	Lulus
A8	TZ5S MF	3,423	3,325	Lulus
A9	TZ5S MF	3,381	3,325	Lulus
A10	TZ5S MF	3,8325	3,325	Lulus
A11	TZ5S MF	4,354	3,325	Lulus
A12	TZ5S MF	3,4685	3,325	Lulus
A13	BX5	4,73	4,75	Gagal
A14	TZ5S MF	4,144	3,325	Lulus
A15	TZ5S MF	3,36	3,325	Lulus
A16	TZ5S MF	3,612	3,325	Lulus
A17	BX5	5,755	4,75	Lulus
A18	TZ5S MF	3,9585	3,325	Lulus
A19	TZ7S MF	6,1105	5,225	Lulus
A20	TZ5S MF	3,5945	3,325	Lulus
A21	TZ5S MF	4,1615	3,325	Lulus
A22	TZ5S MF	4,627	3,325	Lulus
A23	TZ5S MF	3,472	3,325	Lulus
A24	BX5	4,795	4,75	Lulus
A25	TZ5S MF	4,1475	3,325	Lulus
A26	BX5	5,4	4,75	Lulus
A27	TZ5S MF	3,57	3,325	Lulus
A28	TZ5S MF	3,528	3,325	Lulus

Merek	Tipe	Kapasitas	Standar minimal	Keterangan
A29	TZ5S MF	3,514	3,325	Lulus
A30	BX5	4,01	4,75	Gagal
A31	TZ5S MF	2,9085	3,325	Gagal
A32	TZ5S MF	3,1605	3,325	Gagal
A33	BX5 MF	5,54	4,75	Lulus

Berdasarkan data pada Tabel 2, terdapat 4 merek aki yang tidak lulus pengujian parameter kapasitas. Aki merk A30 mempunyai rasio kapasitas terukur terhadap kapasitas tertera yang paling kecil, sedangkan aki merk A3 mempunyai rasio kapasitas terukur terhadap kapasitas tertera yang paling besar. Semakin besar rasio ini, maka akan semakin baik kapasitas dari sebuah aki dikarenakan nilai kapasitas terukur semakin mendekati nilai kapasitas seharusnya.

Hasil pengujian karakteristik pelepasan arus besar dapat dilihat pada Tabel 3.

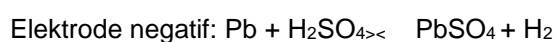
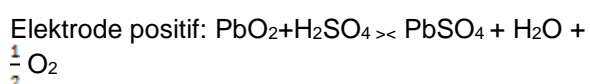
Tabel 3 Hasil pengujian karakteristik pelepasan arus besar aki.

Merek	Tipe	Tegangan terukur	Durasi terukur	Tegangan Standar	Durasi Standar	Keterangan
A1	TZ5S MF	10,52	1,76	10,2	1,7	Lulus
A2	TZ5S MF	10,38	1,82	10,2	1,7	Lulus
A3	TZ5S MF	10,74	1,75	10,2	1,7	Lulus
A4	BX5 MF	10,36	2,57	9,3	1,5	Lulus
A5	TX7 MF	10,51	3,5	9,7	1,7	Lulus
A6	BX5 MF	9,54	2,42	9,3	1,5	Lulus
A7	BX5 MF	10,15	1,9	9,3	1,5	Lulus
A8	TZ5S MF	10,31	0,63	10,2	1,7	Gagal
A9	TZ5S MF	9,77	1,53	10,2	1,7	Gagal
A10	TZ5S MF	9,6	0,95	10,2	1,7	Gagal

Merek	Tipe	Tegangan terukur	Durasi terukur	Tegangan Standar	Durasi Standar	Keterangan
A11	TZ5S MF	10,36	1,57	10,2	1,7	Gagal
A12	TZ5S MF	9,96	1,43	10,2	1,7	Gagal
A13	BX5	8,76	1,08	9,3	1,5	Gagal
A14	TZ5S MF	10,66	0,97	10,2	1,7	Gagal
A15	TZ5S MF	10,15	1,58	10,2	1,7	Gagal
A16	TZ5S MF	10,2	1,33	10,2	1,7	Gagal
A17	BX5	9,5	1,33	9,3	1,5	Gagal
A18	TZ5S MF	10,41	1,52	10,2	1,7	Gagal
A19	TZ7S MF	10,59	2,22	10,1	2,3	Gagal
A20	TZ5S MF	10,12	1,67	10,2	1,7	Gagal
A21	TZ5S MF	9,78	1,3	10,2	1,7	Gagal
A22	TZ5S MF	10,01	1,23	10,2	1,7	Gagal
A23	TZ5S MF	10,1	0,5	10,2	1,7	Gagal
A24	BX5	9	1,1	9,3	1,5	Gagal
A25	TZ5S MF	10,18	1,8	10,2	1,7	Gagal
A26	BX5	9,56	1,52	9,3	1,5	Lulus
A27	TZ5S MF	10,63	1,08	10,2	1,7	Gagal
A28	TZ5S MF	10,31	1,37	10,2	1,7	Gagal
A29	TZ5S MF	9,83	0,55	10,2	1,7	Gagal
A30	BX5	9,3	1,5	9,3	1,5	Lulus
A31	TZ5S MF	6	0,07	10,2	1,7	Gagal
A32	TZ5S MF	9,26	0,35	10,2	1,7	Gagal
A33	BX5 MF	9,38	1,25	9,3	1,5	Gagal

Berdasarkan data dari Tabel 3, jumlah sampel yang tidak lolos uji parameter karakteristik pelepasan arus besar 24 merek (72,72%), jauh lebih banyak daripada jumlah sampel yang tidak lolos pengujian parameter kapasitas. Rasio tegangan detik kelima terukur terhadap tegangan detik kelima standar yang terkecil ada pada sampel A31. Hal ini menandakan bahwa tegangan detik kelima pada sampel ini jauh di bawah standar bila dibandingkan dengan sampel yang lain. Sama halnya dengan rasio durasi terukur dengan durasi standar, sampel A31 memiliki rasio yang paling rendah. Di samping itu, rasio tegangan detik kelima terukur dengan tegangan detik kelima standar terbesar ada pada sampel A7.

Reaksi yang terjadi saat pelepasan muatan dan pengisian aki kembali pada elektroda positif dan negatif adalah sebagai berikut:



Reaksi di atas berlangsung dengan laju yang rendah bila kemurnian timah dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang digunakan dalam sel mempunyai *grade* yang tinggi. Selama proses *discharge*, aliran elektron dihasilkan pada elektroda negatif, yang mengalir melalui konduktor menuju elektroda positif. Hal ini mengakibatkan kehilangan energi listrik dari sel menuju pengguna eksternal. Hal sebaliknya terjadi saat *charge*, di mana dengan adanya sumber daya eksternal, elektron dihasilkan melalui reaksi elektrokimia pada elektroda positif, mengalir melalui konduktor menuju elektroda negatif (Pavlov, 2011). Pada pengujian kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar, dilakukan pelepasan muatan (*discharge*) sehingga reaksi yang terjadi adalah reaksi seperti di atas.

Karakteristik arus dari aki harus ditingkatkan. Untuk tujuan ini, metode *trialand error*, biasanya berdasarkan eksperimen pengujian, telah digunakan selama beberapa tahun. Berbagai macam model matematika telah dikembangkan untuk memprediksi *behavior* dari aki (Esfahanian, Ansari, Bahramian, Kheirkhah, & Ahmadi, 2014).

Pengujian kapasitas dan pengujian karakteristik pelepasan arus besar termasuk dalam pengujian performa aki. Hal ini erat kaitannya dengan material yang digunakan sebagai penyusun komponen-komponen aki.

Zat karbon dapat ditambahkan pada plat negatif untuk meningkatkan performa dari aki. Karbon mempunyai konduktivitas termal empat kali lipat daripada timah, sehingga keberadaannya dapat membantu distribusi panas pada material aktif negatif. Karbon dapat menghalangi kristalisasi  $\text{PbSO}_4$  sehingga dapat mempertahankan luas permukaan untuk pelepasan arus (Moseley, Rand, & Peters, 2015).

Penambahan material aktif polimer (seperti *lignosulfonate*) dapat memperpanjang waktu difusi dari  $\text{Pb}^{2+}$  sehingga dapat menghalangi waktu pembentukan zat pembuat pasif lapisan  $\text{PbSO}_4$  sehingga meningkatkan kapasitas dari plat negatif, terutama pada temperatur rendah, di mana  $\text{PbSO}_4$  mempunyai kelarutan rendah (Pavlov, 2011). Hal ini penting dikarenakan pengujian pelepasan arus besar dilakukan pada temperatur yang rendah.

Korosi juga merupakan faktor yang mempengaruhi performa aki. Penggunaan *grid* ABS/Cu/Pb/SnO<sub>2</sub> akan lebih baik karena mempunyai laju korosi yang lebih rendah dibandingkan dengan *grid* konvensional campuran Pb-Ca-Sn-Al (Hariprakash *et al.*, 2004).

Sifat dari  $\text{PbO}_2$  juga pada akhirnya memberikan efek pada performa baterai. Pengalaman di dunia industri menunjukkan bahwa parameter  $\text{PbO}_2$  memberikan efek lebih besar pada plat positif daripada plat negatif. Hal ini dikarenakan karena proses-proses yang terjadi selama pembentukan plat, terjadi proses *metasomatic* (Pavlov, 2011).

Untuk menjaga kualitas aki kendaraan kategori L yang beredar di Indonesia, perlu dilakukan pengawasan pasar dengan pengambilan sampel secara berkala. Sampel-sampel tersebut kemudian diuji di laboratorium pengujian untuk mengetahui unjuk kerjanya. Melihat data hasil pengujian pada penelitian ini dan pentingnya peran komponen penyimpan energi dalam dunia otomotif, perlu dilakukan kajian untuk perubahan kategori SNI dari aki kendaraan tipe L dari sukarela menjadi wajib.

Sebagian atau keseluruhan persyaratan dan atau parameter SNI dapat diberlakukan secara wajib apabila terkait dengan keselamatan, keamanan, dan kesehatan masyarakat selaku penggunaanya atau pelestarian fungsi lingkungan hidup (BSN, 2011). Kapasitas aki sangat erat kaitannya dengan pelestarian fungsi lingkungan hidup karena jika kapasitas aki tidak memenuhi standar, aki akan cepat rusak / menurun fungsinya dan akan memperbanyak jumlah sampah yang mencemari lingkungan hidup dan membahayakan kesehatan masyarakat di

antaranya kematian dini dan keterbelakangan mental pada anak-anak bila tidak dilakukan tindakan daur ulang atau pengolahan limbah aki dengan baik (Adisasmito, 2018).

Sementara itu, karakteristik pelepasan arus besar sangat terkait dengan faktor keselamatan masyarakat selaku pengguna karena aki yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan kendaraan bermotor susah untuk di-*starter* atau dinyalakan.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kapasitas dan karakteristik pelepasan arus besar terhadap 33 merek aki, diketahui bahwa 25 merek aki (75,76%) tidak lolos salah satu atau kedua parameter uji tersebut. Terdapat 8 merek (24,24%) yang memenuhi persyaratan sesuai SNI karena lolos pengujian kedua parameter tersebut. Persentase aki yang lulus pengujian sesuai SNI sangat kecil sehingga perlu dilakukan pengawasan kualitas aki yang beredar di pasar secara berkelanjutan oleh instansi terkait di antaranya Kementerian perdagangan. Perlu dilakukan juga kajian untuk memberlakukan standar SNI 4326:2013 menjadi standar wajib agar kualitas aki yang beredar dapat menjadi lebih baik, aman digunakan oleh masyarakat dan tidak merusak lingkungan hidup.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Kepala Bidang Standardisasi, Kepala Seksi Pengujian, Koordinator Laboratorium Listrik, dan para staf Laboratorium Listrik yang telah membantu penelitian ini..

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmito, W. (2018). *Bahaya Kesehatan Peleburan Aki Bekas Secara Liar*. Retrieved from <https://gayahidup.republika.co.id/berita/gaya-hidup/info-sehat/18/10/22/pgzd6a328-bahaya-kesehatan-peleburan-aki-bekas-secara-liar>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Peraturan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 1 tahun 2011 tentang Pedoman Standardisasi Nasional Nomor 301 Tahun 2011 tentang Pedoman Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Secara Wajib*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 4326: 2013 - Aki untuk kendaraan bermotor kategori L*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN, Humas. (2019). *Aki Berlabel SNI Palsu Marak*. Retrieved from <http://bsn.go.id/main/berita/detail/7813/aki-berlabel-sni-palsu-marak#.XZCI-WayTIU>
- Dinis, C.M., Popa, G.N., & Iagar, A. (2015). Study on sources of charging lead acid batteries. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 85(1). doi:10.1088/1757-899X/85/1/012011
- Esfahanian, V., Ansari, A.B., Bahramian, H., Kheirkhah, P., & Ahmadi, G. (2014). Design parameter study on the performance of lead-acid batteries. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28(6), 2221-2229. doi:10.1007/s12206-014-0123-5
- Flores, L.P., Lara, G.L.D., Garcia, S., Flores, R., & Videia, M. (2011). Construction and Characterization of lead acid Negative Active Material+Carbon Paste Electrodes. *ECS Transactions*, 36(1), 29-35. doi:10.1149/1.3660596
- Hao, H., Chen, K., Liu, H., Wang, H., Liu, J., Yang, K., & Yan, H. (2018). A review of the positive electrode additives in lead-acid batteries. *International Journal of Electrochemical Science*, 13(3), 2329-2340. doi:10.20964/2018.03.70
- Hariprakash, B., & Mane, A.U., Martha, S.K., Gaffoor, S.A., Shivashankar, S.A., & Shukla, A.K. (2004). A Low-Cost, High Energy-Density lead/acid Battery. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 7(3), A66-A69. doi:10.1149/1.164575
- Ioannou, S., Dalamagkidis, K., Stefanakos, E.K., Valavanis, K.P., & Wiley, P.H. (2016). Runtime, Capacity and discharge Current Relationship for lead acid and Lithium Batteries. *24th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 46-53. doi:10.1109/MED.2016.7535940
- Keshan, H., Thornburg, J., & Ustun, T.S. (2016). Comparison of lead-acid and Lithium Ion Batteries for Stationary Storage in Off-Grid Energy Systems. *4th IET Clean Energy and Technology Conference*, 1-7. doi:10.1049/cp.2016.1287
- Kwiecien, M., Schröer, P., Kuipers, M., & Sauer, D.U. (2017). Current research topics for lead-acid batteries. *lead-acid Batteries for Future Automobiles*, 133-146. doi:10.1016/B978-0-444-63700-0.00004-0

- Lambert, D.W.H., Manders, J.E., Nelson, R.F., Peters, K., Rand, D.A.J., & Stevenson, M. (2000). Strategies for enhancing *lead-acid* battery production and performance. *Journal of Power Sources*, *88*(1), 130-147. doi:10.1016/S0378-7753(99)00521-2
- Latif, M., Nazir, R., & Hamdi, R. (2013). Analisa Proses Charging Akumulator Pada Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Pantai Purus Padang. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*.
- May, G.J., Davidson, A., & Monahov, B. (2018). *lead* batteries for utility energy storage: A review. *Journal of Energy Storage*, *15*, 145-157. doi:10.1016/j.est.2017.11.008
- Moseley, P.T., & Rand, D.A.J. (2004). Changes in the demands on automotive batteries require changes in battery design. *Journal of Power Sources*, *133*(1), 104-109. doi:10.1016/j.jpowsour.2003.12.034
- Moseley, P.T., Rand, D.A.J., & Peters, K. (2015). Enhancing the performance of *lead-acid* batteries with carbon - In pursuit of an understanding. *Journal of Power Sources*, *295*, 268-274. doi:10.1016/j.jpowsour.2015.07.009
- Pavlov, D. (2011). *lead-acid Batteries: Science and Technology*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Putra, H.P. (2010). *Studi Karakteristik Pelepasan Muatan Baterai lead acid Terhadap Variasi Beban RLC*. Retrieved from <http://lib.ui.ac.id/detail?id=20249094&lokal=lokal#parentHorizontalTab2>
- Sequeira, C.A.C., & Pedro, M.R. (2007). *lead-acid* Battery Storage. *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, *19*(1-2).
- Sugumaran, N., Everill, P., Swogger, S.W., Dubey, D.P. (2015). *lead acid* battery performance and cycle life increased through addition of discrete carbon nanotubes to both electrodes. *Journal of Power Sources*, *279*, 281-293. doi:10.1016/j.jpowsour.2014.12.117