



TUGAS AKHIR – TM141585

**ANALISIS PENYEBAB DAN PENCEGAHAN  
TERJADINYA *SHORT CIRCUIT* PADA AKI ITZ5S  
VOLCANO  
(STUDI KASUS PT. INDOBATT INDUSTRI PERMAI)**

MOSES HAMONANGAN PARAPAT  
NRP. 2112 100 154

Dosen Pembimbing:  
Ir. WITANTYO, M.Eng.Sc

PROGRAM SARJANA  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015





FINAL PROJECT – TM141585

**FAILURE ANALYSIS AND PREVENTION OF SHORT  
CIRCUIT IN ITZ5S VOLCANO BATTERY  
(CASE STUDY: PT INDOBATT INDUSTRI PERMAI)**

MOSES HAMONANGAN PARAPAT  
NRP. 2112 100 154

Advisory Lecturer  
Ir. WITANTYO, M.Eng.Sc

BACHELOR PROGRAM  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017



**ANALISIS PENYEBAB DAN PENCEGAHAN  
TERJADINYA *SHORT CIRCUIT* PADA AKI ITZ5S  
VOLCANO  
(STUDI KASUS PT. INDOBATT INDUSTRI PERMAI)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MOSES HAMONANGAN PARAPAT**

Nrp. 2112 100 154

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Ir. Witantyo, M.Eng. (Pembimbing I)
2. Suwarno, ST., M.Sc. (Penguji I)
3. Ari Kurniawan Saputra, ST., M.T.S. (Penguji II)
4. Wahyu Wijanarko, ST., M.Sc. (Penguji III)



**SURABAYA  
Januari 2017**



# ANALISIS PENYEBAB DAN PENCEGAHAN TERJADINYA *SHORT CIRCUIT* PADA AKI ITZ5S VOLCANO

(Studi Kasus : PT. Indobatt Industri Permai)

Nama Mahasiswa : Moses Hamonangan Parapat  
NRP : 2112100154  
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

## ABSTRAK

Salah satu penyebab terjadinya kegagalan pada *Lead-acid battery* adalah *internal short circuit*. Berdasarkan data komplain kerusakan aki di PT. Indobatt Industri Permai, *short circuit* sering terjadi pada aki sepeda motor ITZ5S Volcano.

Penelitian ini diawali dengan diskusi bersama pihak PT. Indobatt Industri Permai. Selanjutnya dilakukan pembebanan pada aki yang dikomplain oleh konsumen untuk mengetahui sel mana yang terjadi *short circuit*. Kemudian dilakukan analisis menggunakan metode RCFA (*Root Cause Failure Analysis*) untuk mencari beberapa kemungkinan penyebabnya. Data pendukung berupa aki ITZ5S Volcano, foto kerusakan, data komplain dari konsumen.

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa ada dua jenis penyebab terjadinya *short circuit*, yaitu karena adanya pertumbuhan dendrit akibat pemakaian dan karena adanya kesalahan perakitan. Untuk mengatasi hal tersebut, didapatkan beberapa solusi, antara lain dengan penambahan ekspander, dengan melakukan *re-design* AGM yaitu menambahkan ketebalan dari AGM tersebut. Serta dilakukan perbaikan proses perakitan sehingga cacat produksi tidak terjadi.

**Kata Kunci :** *Lead acid Battery, Short Circuit, Dendrit*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **FAILURE ANALYSIS AND PREVENTION OF SHORT CIRCUIT IN ITZ5S VOLCANO BATTERY**

**(Case Study: PT Indobatt Industri Permai)**

**Student Name** : Moses Hamonangan Parapat  
**NRP** : 2112100154  
**Department** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Student Advisor** : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

## **ABSTRACT**

One of the causes of failure at Lead-acid battery is internal short circuit. Based on data complaints of battery damage in PT. Indobatt Industri Permai, short circuit often occurs on motorcycle battery ITZ5S Volcano.

This research begins with a discussion with the PT. Indobatt Industri Permai. Furthermore, charging on the battery that complaint by consumers to find out which cells occur short circuit. Then performed an analysis using RCFA (Root Cause Failure Analysis) method to find some possible causes. Supporting data in the form of ITZ5S Volcano battery, photo damage, data complaints from consumers.

From the results of research conducted found that there are two types of causes of the occurrence of short circuit, which is due to the growth of dendrites due to usage and because of assembly errors. To overcome this problem, we get some solutions, such as adding an expander, by re-design AGM that is adding thickness from AGM. As well as improving the assembly process so that production defects do not occur.

**Keywords: Lead acid Battery, Short Circuit, Dendrit**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, karena dengan karuniaNya penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan

Tugas akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin FTI ITS. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Mama tercinta, Santori Parapat dan Walentina Marpaung yang selalu memberikan doa dan dukungan yang begitu besar.
2. Bapak Ir. Witantyo, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang membimbing penulis dengan penuh kesabaran.
3. Bapak Ari Kurniawan, ST., MT., Bapak Wahyu Wijanarko, ST., M.Sc., dan Bapak Suwarno, ST., M.Sc., PhD selaku dosen penguji.
4. Bapak Bahtiar dan Bapak Dedi selaku pihak Laboratorium PT. Indobatt yang telah membimbing dan membantu dalam pengambilan data.
5. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik mesin yang telah membantu penulis atas pengetahuan dan pembelajaran yang telah diberikan.
6. Rian Septian Sidiq, sebagai rekan tugas akhir di PT. Indobatt, Azis, Eden, Lintang, David, Gunawan, Mawan yang berjuang bersama di Laboratorium Rekayasa Sistem Industri dan teman-teman Teknik Mesin angkatan 2012 (M55) yang telah berbagi pengalaman selama di bangku perkuliahan.

Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan maka penulis bersedia menerima kritik dan saran untuk penelitian yang lebih baik.

Surabaya 16 Januari 2017

Penulis

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Jenis-jenis Aki .....	5
2.1.1 SLI <i>Battery</i> .....	5
2.1.2 <i>Deep Cycle Battery</i> .....	6
2.1.3 <i>Flooded Lead Acid Battery (FLA)</i> .....	6
2.1.4 <i>Valve-Regulated Lead Acid Battery (VLRA)</i> ....	7
2.1.4.1 <i>Gel Cells</i> .....	7

2.1.4.2	AGM ( <i>Absorbent Glass Mat Battery</i> ) .....	7
2.2	Cara Kerja Aki.....	8
2.2.1	Pengosongan (Pemakaian) .....	9
2.2.2	Pengisian .....	9
2.3	Konstruksi Aki.....	10
2.4	<i>Short Circuit</i> .....	14
2.4.1	<i>Short Circuit Across The Separators</i> .....	14
2.4.2	<i>Short Circuit Due To Mossy, Metallic Deposits, Or Due To Sludge</i> .....	14
2.5	Perakitan ( <i>Assembly</i> ) .....	15
2.6	Investigasi Kerusakan.....	16
2.6.1	Process Analysis, Mapping, dan Flowcharts ...	17
2.6.2	Why Analysis.....	18
2.7	Penelitian Terdahulu.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>19</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2	Metodologi Penelitian.....	20
3.2.1	Studi lapangan dan Pengumpulan Data .....	20
3.2.2	Studi Literatur .....	20
3.2.3	Investigasi RCFA.....	20
3.2.3.1	<i>Findings</i> .....	20
3.2.3.2	<i>Diagnose</i> .....	20
3.2.3.3	<i>Analysis</i> .....	21
3.2.3.4	<i>Conclusion and Recommendation</i> .....	21

3.2.4	Bahan dan Peralatan Uji.....	21
3.2.4.1	Spesimen yang Diuji .....	21
3.2.4.2	Alat Pengujian.....	22
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>25</b>
4.1	<i>History Report</i> dan Data Kerusakan Aki ITZ 5S Volcano .....	25
4.1.1	Data Komplain Konsumen.....	25
4.1.2	Foto-foto Kerusakan Aki ITZ 5 S Volcano....	26
4.2	Posibilitas Penyebab terjadinya <i>Short Circuit</i> pada Aki ITZ 5 S Volcano.....	27
4.3	Analisis Kerusakan Aki .....	27
4.4	Analisis Posibilitas Penyebab <i>Short Circuit</i> pada Aki ITZ 5 S Volcano.....	33
4.4.1	<i>Dendrite Growth</i> .....	33
4.5	Diskusi Hasil Analisa .....	36
<b>BAB V SOLUSI HASIL PENELITIAN.....</b>		<b>39</b>
5.1	Penambahan Ekspander .....	39
5.2	<i>Inverse Charging</i> .....	41
5.3	Penambahan Ketebalan Separator .....	44
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>47</b>
6.1	Kesimpulan.....	47
6.2	Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>49</b>

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Data Komplain 2016.....	2
<b>Gambar 1. 2</b> Kondisi Aki setelah uji bebanva .....	3
<b>Gambar 1. 3</b> Separator sobek dan bolong .....	3
<b>Gambar 2. 1</b> Kontruksi SLI Battery.....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Kontruksi Deep Cycle Battery .....	6
<b>Gambar 2. 3</b> Konstruksi Aki .....	10
<b>Gambar 2. 4</b> Plat dan separator .....	12
<b>Gambar 2. 5</b> Sel aki.....	13
<b>Gambar 2. 6</b> Tahapan-tahapan metoda RCFA.....	17
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Penelitian .....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Spesimen aki ITZ5S Volcano .....	22
<b>Gambar 3. 3</b> Charger Aki.....	22
<b>Gambar 3. 4</b> Multimeter.....	23
<b>Gambar 4. 1</b> Foto kerusakan aki .....	26
<b>Gambar 4. 2</b> Posisi sel aki.....	29
<b>Gambar 4. 3</b> Aki yang mengalami short circuit pada uji pembebanan.....	29
<b>Gambar 4. 4</b> Separator yang mengalami pertumbuhan dendrit .	30
<b>Gambar 4. 5</b> kerusakan aki akibat perakitan.....	32
<b>Gambar 4. 6</b> Kristal $PbSO_4$ pada permukaan material aktif negatif .....	34
<b>Gambar 4. 7</b> Skema pembentukan $PbSO_4$ .....	34
<b>Gambar 4. 8</b> Mekanisme redistribusi pengisian, yang dihasilkan dari stratifikasi asam.....	35
<b>Gambar 5. 1</b> Skema struktur lapisan $PbSO_4$ : (a) tanpa ekspander, (b,c) dengan ekspander.....	40
<b>Gambar 5. 2</b> Hasil SEM dari lapisan permukaan elektroda Pb. (a) Pb, (b) $PbSO_4(O)$ , (c) $PbO_2$ , (d) $PbSO_4(R)$ .....	42
<b>Gambar 5. 3</b> Grafik discharge dari fully sulfated lead-acid battery (2V/4Ah) pada 4-h rate sebelum inverse charging dan sesudah inverse charging .....	43
<b>Gambar 5. 4</b> Grafik perbandingan tegangan dengan waktu pengisian berdasarkan pengaruh ketebalan AGM.....	44

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 4. 1</b> Data komplain konsumen 2016 .....	26
<b>Tabel 4. 2</b> Voltase Aki ITZ 5 S Volcano .....	28
<b>Tabel 4. 3</b> Posisi sel yang rusak.....	28

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

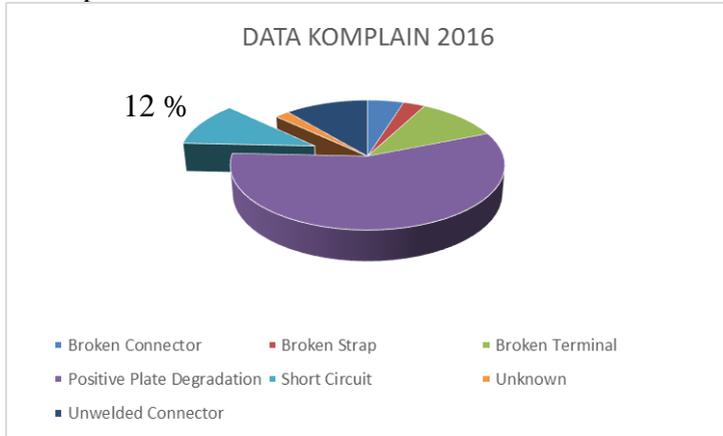
Laju pertumbuhan kendaraan di Indonesia begitu pesat sehingga perkembangan industri komponen-komponen penunjang kendaraan pun meningkat juga. Hal ini membuat perusahaan otomotif berupa jasa maupun manufaktur berlomba untuk meningkatkan hasil produksinya dalam hal kualitas maupun dalam hal pelayanan konsumen. Hal ini bertujuan untuk menarik konsumen agar setia terhadap produknya. Perusahaan harus mampu memberikan jaminan kepada konsumen untuk meyakinkan bahwa produk yang dihasilkannya benar-benar berkualitas dengan harga bersaing dengan produk lain yang sejenis.

Salah satu komponen penunjang kendaraan adalah baterai. Baterai merupakan komponen penting dalam sebuah kendaraan. Baterai berguna untuk menyimpan dan mengalirkan listrik di sebuah kendaraan seperti untuk menyalakan lampu kendaraan maupun untuk menghidupkan mesin kendaraan. Namun baterai ini memiliki beberapa penyebab kerusakan yang menyebabkan penurunan umur baterai tersebut.

Salah satu perusahaan baterai adalah PT. Indobatt. PT. Indobatt ini adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam produksi baterai kendaraan. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis baterai/aki kendaraan, mulai dari aki sepeda motor hingga mobil. Perusahaan ini selalu meningkatkan produksi dan menjaga kualitas produknya serta menjaga kepercayaan konsumen terhadap produknya.

Namun produknya sering mengalami kegagalan atau cepat rusak. Penyebab kegagalan tersebut bermacam-macam. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh beberapa faktor. Penyebab terjadinya kerusakan pada aki di perusahaan ini ada bermacam-macam, contohnya yang paling sering terjadi adalah *positive active mass degradation*, *broken terminal*, dan *short circuit*. *Positive active mass degradation* ini adalah lepasnya material aktif dari *grid*-nya

sehingga menyebabkan kapasitas aki menjadi berkurang. *Broken terminal* ini adalah patahnya terminal pengantar daya dari sel sehingga daya tidak dapat dialirkan. *Short circuit* adalah terjadinya arus pendek pada plat positif dan negatif sehingga umur aki akan semakin pendek.



**Gambar 1. 1** Data Komplain 2016[1]

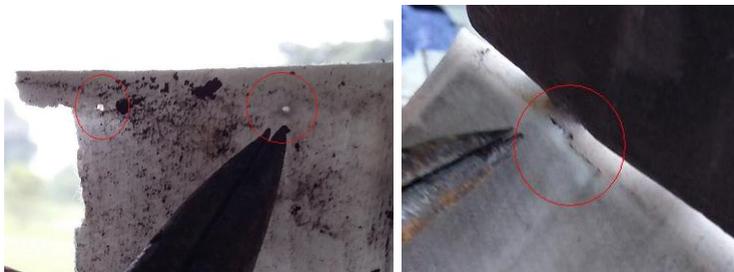
Pada produk aki motor PT. Indobatt ini sering terjadi kerusakan. Pada aki motor kerusakan yang terjadi disebabkan oleh 2 penyebab, yaitu *short circuit* dan *unwelded connector*. Berdasarkan data jumlah kerusakan atau komplain dari konsumen pada tahun 2016, aki yang mengalami *short circuit* adalah 12% dari jumlah komplain.

Aki yang dikomplain oleh konsumen dilakukan pengecekan oleh PT. Indobatt. Pengecekan dilakukan pertama dengan memberi uji beban. Aki yang mengalami *short circuit* ini dapat terlihat dengan timbulnya buih. Dengan timbulnya buih kita dapat mengetahui sel mana yang mengalami *short circuit* tersebut.



**Gambar 1. 2** Kondisi Aki setelah uji bebanva[1]

Setelah diketahui sel mana yang berbuih, maka sel yang berbuih tadi dibuka dan dilakukan pengecekan lebih lanjut. Pada sel yang sudah dibuka dicek kondisi plat positif, plat negatif dan separatornya.



**Gambar 1. 3** Separator sobek dan bolong[1]

Kondisi plat yang tajam juga dapat menyobek separator, hal ini juga dapat menyebabkan terjadinya *short circuit*. *Short circuit* sendiri bisa terjadi jika terjadi kontak antara plat positif dengan plat negatif. Keadaan-keadaan seperti ini bisa disebabkan pada saat proses pembuatan maupun perakitannya. Dengan proses *assembly* yang kurang tepat dapat menyebabkan timbulnya *short circuit* pada aki tersebut.

Oleh karena seringnya terjadi *short circuit* pada aki motor ini maka penulis akan melakukan penelitian tentang *short circuit* yang menjadi penyebab kerusakan aki motor pada PT. Indobatt ini.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dijadikan objek penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Sumber penyebab terjadinya *short circuit* pada baterai ITZ 5S Volcano di PT. Indobatt
- Bagaimana cara pencegahan terjadinya *short circuit*.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberlakukan agar tugas akhir ini dapat berjalan secara fokus dan terarah serta dapat mencapai tujuan adalah analisa aki berdasarkan produk dari PT. Indobatt dengan merk Volcano tipe ITZ 5S dan data yang diambil merupakan data *history*.

## 1.4 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan-tujuan sebagai berikut :

- Menganalisa sumber penyebab terjadinya *short circuit* pada aki ITZ5S Volcano.
- Memberikan upaya-upaya perbaikan untuk menanggulangi terjadinya *short circuit*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sumber penyebab terjadinya *short circuit* aki ITZ5S Volcano.
2. Hasil penelitian ini nantinya dapat diaplikasikan agar *short circuit* tidak terjadi.

## **BAB II**

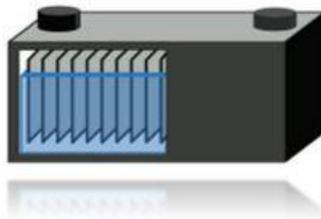
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jenis-jenis Aki**

Aki merupakan salah satu jenis baterai yang menggunakan Asam Timbal (*Lead Acid*) sebagai bahan kimianya. Aki memiliki banyak jenis seiring banyaknya penemuan-penemuan baru baik dari jenis bahan kimianya maupun konstruksinya, sehingga penggunaan pun berbeda-beda. Secara umum ada dua jenis aki (*lead acid battery*), yaitu SLI (*Starring, lightning, ignition*) Battery dan *Deep Cycle Battery*. Menurut kadar atau jumlah cairan elektrolitnya aki dibedakan menjadi dua, yaitu *Flooded Lead Acid Battery* (FLA) dan *Valve-Regulated Lead Acid Battery* (VLRA).

##### **2.1.1 SLI Battery**

SLI Battery merupakan jenis aki yang dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu singkat sehingga dapat menyalakan mesin seperti mesin kendaraan. Dengan kata lain untuk menghidupkan mesin dibutuhkan arus listrik yang tinggi. Setelah mesin hidup aki istirahat sambil dicas kembali oleh dinamo (alternator). Jadi aki akan selalu penuh terisi arus listrik tidak pernah sampai habis. Jika aki sering terpakai sampai habis aki jenis ini akan cepat rusak.

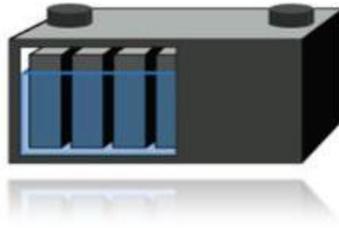


**Gambar 2. 1** Kontruksi SLI Battery[7]

Konstruksinya menggunakan banyak pelat tipis secara paralel agar resistansinya rendah dengan permukaan yang lebih luas agar dapat melepas arus listrik yang tinggi saat dibutuhkan. Aki jenis ini banyak digunakan pada kendaraan untuk menyalakan mesin.

### 2.1.2 *Deep Cycle Battery*

Kebalikan dari jenis *Starting Battery*, *Deep Cycle Battery* dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil (tidak sebesar *Starting Battery*) namun dalam waktu yang lama. Aki jenis ini tahan terhadap siklus pengisian - pengosongan aki yang berulang-ulang (*Deep Cycle*) karenanya konstruksinya menggunakan pelat yang lebih tebal seperti terlihat pada gambar. Aki *Deep Cycle* banyak digunakan pada peralatan yang menggunakan motor listrik seperti kursi roda, forklift, mobil golf. Jenis ini juga banyak digunakan pada proyek energi alternatif untuk menyimpan arus listrik seperti pada pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga angin dan pembangkit listrik tenaga air.



**Gambar 2. 2** Kontruksi *Deep Cycle Battery*[7]

### 2.1.3 *Flooded Lead Acid Battery (FLA)*

Jenis ini disebut juga *Wet Cell* atau *Flooded Battery*. Di pasaran, aki ini dikenal dengan aki basah. Maksudnya sel-sel di dalam aki harus terendam cairan elektrolit dan jika level cairannya kurang harus ditambah. Ciri-cirinya setiap sel ada katup untuk

pengisian cairan elektrolitnya. Jenis ini paling banyak di sekitar kita.

### **2.1.4 Valve-Regulated Lead Acid Battery (VLRA)**

Jenis ini sering juga disebut *Sealed Lead Acid battery* atau *Sealed Maintenance Free battery*. Secara fisik aki jenis ini terlindung / tertutup rapat, yang nampak dari luar hanya terminal (+) positif dan (-) negatif. Didesain agar cairan elektrolit tidak berkurang karena bocor atau penguapan. Aki jenis ini memiliki katup ventilasi yang hanya terbuka pada tekanan yang ekstrem untuk pembuangan gas hasil reaksi kimianya. Tidak ada katup untuk isi ulang cairan elektrolitnya, karenanya dikenal dengan aki bebas perawatan (*Maintenance Free Battery*). Berdasarkan konstruksi internalnya aki VRLA dibagi menjadi dua, yaitu *Gel Cells* dan *AGM (Absorbent Glass Mat Battery)*.

#### **2.1.4.1 Gel Cells**

Aki jenis ini, cairan elektrolitnya dicampur dengan pasir silica sehingga menjadi kental seperti jelly (agar-agar atau puding). Kemudian jelly ini berfungsi seperti halnya cairan elektrolit. Aki jenis ini sebaiknya jangan digunakan pada perangkat yang membutuhkan suplai arus listrik yang tinggi (*discharging*) atau di cas dengan arus yang tinggi pula (*charging*). Kalau tidak jelly-nya akan cepat robek atau rusak sehingga aki tidak dapat digunakan lagi.

#### **2.1.4.2 AGM (Absorbent Glass Mat Battery)**

Aki jenis ini memiliki separator (pemisah) yang terdiri dari fiberglass yang diletakkan di antara pelat-pelat selnya yang bertujuan menyerap cairan elektrolit agar tersimpan di pori-pori fiberglass. Fungsi fiberglass ini mirip seperti handuk yang menyerap air ketika salah satu ujung handuknya dicelupkan ke dalam ember yang berisi air.

Diantara kelebihan AGM battery adalah:

- Hampir semua aki AGM sistem pengemasannya sama seperti pengelasan aki pada umumnya. Tidak memerlukan syarat-syarat dan alat pengelas (charger) yang khusus.
- Dapat disimpan untuk waktu yang lama tanpa harus dicas ulang karena *self-discharge* nya sangat rendah (1% - 3% per bulan). (*Self-discharge* = penurunan kapasitas / tegangan aki pada kondisi tanpa beban karena adanya resistansi internal).
- Karena resistansi internal-nya sangat rendah, aki tidak akan kepanasan walau digunakan pada beban yang membutuhkan arus yang besar atau saat di-cas ulang dengan arus listrik yang tinggi.
- Bebas perawatan, anti penguapan, anti bocor dan tetap beroperasi walaupun dalam cuaca sangat dingin, bahkan walau casing akinya retak atau pecah akan tetap beroperasi dengan baik.

## 2.2 Cara Kerja Aki

Istilah akkumulatur berasal dari istilah asing “Accumulieren” yang mempunyai arti mengumpulkan atau menyimpan. Akkumulatur (accu, aki) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Pada umumnya, khususnya di Indonesia, akkumulatur hanya dimengerti sebagai “baterai atau akku atau aki” yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor. Sedangkan dalam bahasa Inggris, kata akkumulatur dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, atau lainnya yang berkaitan dengan suatu benda yang dapat menyimpan muatan listrik dan dapat dilakukan pengisian ulang setelah muatan listrik tersebut habis setelah pemakaian.

Akkumulatur sering juga disebut aki. Elektrode aki baik anode dan katode terbuat dari timbal berpori. Bagian utama aki, yaitu :

1. Kutub positif (anode) terbuat dari timbal dioksida ( $PbO_2$ )
2. Kutub negatif (katode) terbuat dari timbal murni (Pb)
3. Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan kepekatan sekitar 30%

Lempong timbal dioksida dan timbal murni disusun saling bersisipan akan membentuk satu pasang sel aki yang saling berdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator. Dalam garis besarnya aki memiliki cara kerja yang berbeda antara pemakaian dan pengisian.[4]

### 2.2.1 Pengosongan (Pemakaian)

Pada saat aki digunakan, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dan terjadi perubahan anode, katode dan elektrolitnya. Pada anode, secara perlahan terjadi perubahan yaitu timbal dioksida ( $\text{PbO}_2$ ) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Begitu pula yang terjadi pada katode adalah secara perlahan-lahan timbal murni ( $\text{Pb}$ ) menjadi timbal sulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Adapun pada larutan elektrolit terjadi perubahan, yaitu asam sulfat pekat menjadi encer, karena pada pengosongan aki terbentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Reaksi kimia pada akumulator yang dikosongkan (dipakai) adalah sebagai berikut :

- Pada elektrolit :  $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- Pada anode :  $\text{PbO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Pada katode :  $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4$

Terbentuknya air pada reaksi kimia di atas menyebabkan kepekatan asam sulfat berkurang, sehingga mengurangi massa jenisnya. Jika hal itu terjadi, maka kedua kutub akan memiliki potensial sama dan arus listrik berhenti mengalir. Keadaan ini dikatakan aki kosong (habis).[4]

### 2.2.2 Pengisian

Aki yang telah habis (kosong) dapat diisi kembali, karena itulah aki disebut juga dengan elemen sekunder. Untuk melakukan pengisian diperlukan sumber tenaga listrik arus searah lain yang memiliki beda potensial sedikit lebih besar. Misalnya akku 6 volt kosong harus disetrum dengan sumber arus yang tegangannya sedikit lebih besar dari 6 volt. Kutub positif sumber tegangan dihubungkan dengan kutub positif aki, dan kutub negatif sumber

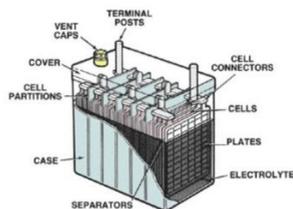
tegangan dihubungkan dengan kutub negatif aki. Dengan cara tersebut elektron-elektron pada aki dipaksa kembali ke elektrode aki semula, sehingga dapat membalik reaksi kimia pada kedua elektrodanya.

Proses pengisian dapat berjalan dengan baik apabila arus searah yang diberikan memiliki ripple yang cukup tinggi untuk mempermudah proses kimia (pelepasan elektron) dalam kepingan-kepingan elektroda. Selain itu, penggunaan arus pengisian yang relatif kecil dengan waktu pengisian lama dapat diperoleh hasil pengisian yang lebih baik dan memperpanjang umur pakai aki. Besarnya arus pengisian dapat diatur dengan reostat. Pada saat pengisian terjadi penguapan asam sulfat, sehingga menambah kepekatan asam sulfat dan permukaan asam sulfat turun. Oleh sebab itu, pada aki perlu ditambahkan air murni ( $H_2O$ ) kembali. Reaksi kimia yang terjadi saat aki diisi adalah :

- Pada elektrolit :  $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$
- Pada anode :  $PbSO_4 + SO_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 2H_2SO_4$
- Pada katode :  $PbSO_4 + 2H^+ \rightarrow Pb + H_2SO_4$

Jadi pada saat pengisian aki, pada prinsipnya mengubah kembali anode dan katode yang berupa timbal sulfat ( $PbSO_4$ ) menjadi timbal dioksida ( $PbO_2$ ) dan timbal murni ( $Pb$ ), atau terjadi proses ” Tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia listrik di dalam aki dan kemudian disimpan di dalamnya.”[4]

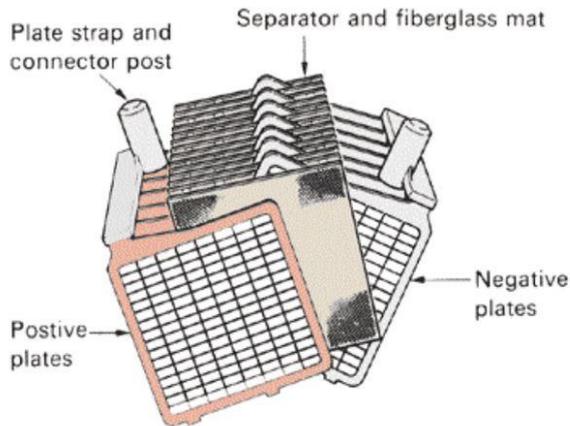
### 2.3 Konstruksi Aki



**Gambar 2. 3** Konstruksi Aki[6]

Aki memiliki beberapa komponen yang berbeda-beda tergantung dari jenis akinya. Pada umumnya komponen penyusun aki adalah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1.[3]

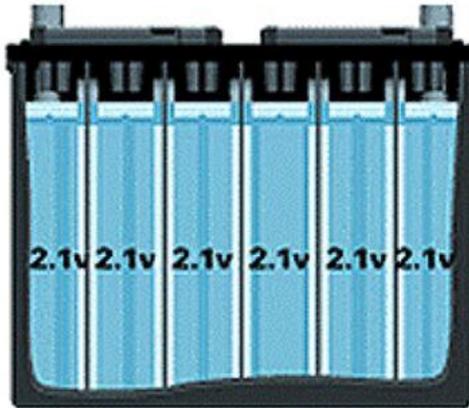
- **Bak/Kotak Aki**  
Berfungsi sebagai penampung dan pelindung bagi semua komponen baterai yang ada di dalamnya seperti sel, penghubung sel, pemisah sel, plat baterai dan lain-lain. Selain itu juga kotak baterai berfungsi sebagai ruang endapan-endapan baterai pada bagian bawah. Bahan kotak baterai ini biasanya transparan untuk mempermudah pemeriksaan jumlah atau tinggi elektrolit baterai.[3]
- **Tutup Aki**  
sesuai dengan namanya bagian ini berfungsi sebagai tutup bagiana atas baterai, tempat dudukan terminal-terminal baterai, lubang ventilasi.[3]
- **Plat Aki**  
Terdapat dua buah plat, plat positif dan plat negatif. Kedua plat tersebut mempunyai grid yang terbuat dari antimoni dan paduan timah. Bahan pembuat Plat positif adalah bahan antimoni yang dilapisi dengan lapisan aktif oksida timah (lead dioxide,  $PbO_2$ ) yang berwarna coklat dan plat negatif terbuat dari sponge lead (Pb) yang berwarna abu-abu. Salah satu yang mempengaruhi kemampuan baterai dalam mengalirkan arus adalah jumlah dan ukuran plat. Semakin besar atau banyak platnya maka semakin besar pula arus yang dihasilkan.[3]
- **Separator berupa AGM**  
separator ini ditempatkan di antara plat positif dan plat negatif. Penyekat atau separator ini berpori-pori supaya memungkinkan larutan elektrolit melewatinya. Bagian ini juga berfungsi untuk mencegah hubungan singkat antar plat.[3]



**Gambar 2. 4** Plat dan separator[6]

- Sel  
 Sel baterai terdiri dari gabungan pelat positif dan pelat negative yang disekatkan oleh separator antara pelat yang satu dengan pelat yang lainnya. Jumlah dan ukuran pelat adalah dua factor yang menentukan besar kecilnya kapasitas sebuah baterai. Pada setiap sel, jumlah pelat negative lebih banyak satu adri pada pelat positive sehingga sisi luar pelat setiap sel adalah pelat negative. Pelat positif maupun pelat negative terdiri atas rangka dan bahan aktif. Bahan yang digunakan sebagai rangka adalah timah dan antimony. Bahan aktif pelat positif adalah timah peroksida ( $PbO_2$ ), sedangkan pelat negative adalah timah murni ( $Pb$ ) berwarna abu-abu (metallic gray). Kedua bahan aktif tersebut diikatkan pada rangka sehingga terbentuk pelat positif dan negative. Pelat-pelat positif dan negative masing-masing dihubungkan dengan pelat strap (pengikat pelat) yang terpisah. Ikatan pelat-pelat positif dan negative ini dipasang secara berselang-seling yang

dibatasi oleh separator dan fiberglass disebut elemen baterai. Penyusunan pelat-pelat dengan tujuan memperbesar luas singgungan antara bahan aktif dengan elektrolit, agar listrik yang dihasilkan besar. Dengan kata lain kapasitas baterai menjadi besar.[3]



**Gambar 2. 5** Sel aki[6]

- Penghubung sel (*cell connector*) merupakan plat logam yang dihubungkan dengan plat-plat baterai. Ada dua buah plat penghubung pada setiap sel yaitu untuk plat positif dan plat negatif. Penghubung sel pada plat positif dan negatif disambungkan secara seri untuk semua sel.[3]
- Terminal Aki  
Secara umum ada dua buah terminal pada baterai, yaitu terminal positif dan terminal negatif. Terminal ini terletak pada bagian atas dari aki.[3]
- Larutan elektrolit  
Yaitu cairan pada baterai yang merupakan campuran antara asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan air ( $H_2O$ ). Secara kimia,

campuran tersebut bereaksi dengan bahan aktif pada plat baterai untuk menghasilkan listrik.[3]

## **2.4 Short Circuit**

### **2.4.1 Short Circuit Across The Separators**

*Short circuit* di pemisah terjadi akibat penggunaan aki secara berlebihan. Biasanya terjadi pada aki jenis SLI. Dalam cairan asam, sulfat timbal cenderung mengendap dalam bentuk padat ke dalam pori-pori pemisah. Saat *recharge*, endapan tadi membentuk atau berubah menjadi dendrit, menyebabkan “*metallization*” *separator*.

Fenomena ini berkaitan dengan fakta bahwa kelarutan  $\text{PbSO}_4$  meningkat tajam karena konsentrasi asam turun mendekati nol. Sementara dalam 0.1M asam, kelarutan  $\text{PbSO}_4$  pada  $25^\circ\text{C}$  hanya bernilai  $1.6 \times 10^{-5}$  mole/l, ini meningkat dalam *pure water* menjadi  $1.5 \times 10^{-4}$  mole/l. Kelarutan yang relatif tinggi dari  $\text{PbSO}_4$  dalam konsentrasi asam mendekati nol akan dapat menurun secara drastis dengan penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ke cairan elektrolit baterai. Dengan konsentrasi 0.1 mole/l cukup untuk menahan pembentukan dari *separators*. Tipe pemisah dengan pori-pori besar cenderung lebih mudah termetalisasi dibandingkan dengan pemisah dengan pori-pori kecil. Semakin tipis pemisah, semakin berbahaya untuk terjadinya *short circuit*. [2]

### **2.4.2 Short Circuit Due To Mossy, Metallic Deposits, Or Due To Sludge**

*Short circuit* jenis ini biasanya terjadi akibat dari terjadinya *positive active mass degradation*. Ketika partikel  $\text{PbO}_2$  keilangan kontak mekanik dan elektriknya, permukaannya akan berubah perlahan menjadi  $\text{PbSO}_4$ , akibat *self discharge*. Lepas, dan sebagian menumpuk, partikel  $\text{PbO}_2$  mungkin akan ditahan dalam elektrolit (menyebabkan yang terakhir menjadi coklat gelap) dan nantinya bisa disebar oleh konfeksi elektrolit ke atas dan sisi pinggir dari plat negatif. Mereka dapat dikurangi dengan logam

timbangan, untuk membentuk endapan kotoran. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *short circuit*.

Selain itu, lepasnya material aktif positif dapat membentuk endapan pada bagian bawah sel. Endapan juga dapat menimbulkan *short circuit* juga. Akhirnya, harus disebutkan bahwa korosi intergranular dari *grid* positif dapat mengakibatkan pertumbuhan plat positif, seperti pinggirnya dapat menyentuh plat negatif dan ini dapat menyebabkan *short circuit*. Dalam rangka mengatasi *short circuit*, separator tipe *pocket* sering digunakan sekarang ini dibanyak aplikasi. Sel dengan *short circuit* biasanya berakhir dengan keadaan tidak tercharge.[2]

## 2.5 Perakitan (*Assembly*)

Pada normalnya, 2 V sel terdiri dari 3-30 plat dengan separator di antaranya. Plat dan separator disusun oleh mesin atau secara manual. Plat yang sudah tersusun di susun dalam *roller conveyors* untuk proses pengelasan, dimana plat positif dan plat negatif di las ke dalam grup terpisah. Terdapat dua metode umum dalam pengelasan : Pertama dilakukan dengan *lugs* dari plat menghadap ke atas, dan yang lain dilakukan dengan merendam *lugs* dari plat ke dalam logam timbal cair. Metode pertama adalah metode tradisional untuk merakit *lead-acid batteries*, disebut juga *comb mold welding*. Metode pengelasan kedua, dimana plat dilas dengan *lugs* menghadap ke bawah, disebut dengan proses *cast-on strap (COS)*.

Pengamatan visual sangat penting sebagai pengecekan pertama kualitas las. Las yang baik dibutuhkan di setiap antara *lug* dan *strap* sehingga *voltage drop* pada saat performa *high-rate discharge* minim terjadi. *Electrica testing* untuk *short circuit* adalah pengecekan kedua kualitas kedua sebelum perakitan selanjutnya.

Setelah proses pengelasan selesai, sel dimasukkan ke dalam kotak baterai untuk melaksanakan proses perakitan selanjutnya. Sebagai contoh, 12 V *lead-acid battery* terdiri dari enam sel. Sel-sel ini terhubung melalui loop atas partisi atau

melalui dinding partisi. Tipe *loop-over-partition* membutuhkan koneksi *intercell* yang panjang untuk digunakan, di mana perjalanan koneksi sel ke sel melewati dinding partisi *intercell* dan diatur dalam slot. Saat menghubungkan sel-sel melewati dinding partisi, tab pada ujung *strap* dicor diposisikan melebihi lubang yang telah berlubang ke dalam partisi *intercell* dari kotak baterai dan semua dilas secara manual dengan obor atau secara otomatis oleh *restance welding machine*. Metode kedua ini juga meremas tab dan partisi *intercell* untuk mengadakan segel anti bocor.[5]

## 2.6 Investigasi Kerusakan

Analisa kegagalan adalah langkah-langkah pemeriksaan kegagalan atau kerusakan pada suatu komponen yang mempertimbangkan faktor-faktor situasi dan kondisi kegagalan atau kerusakan tersebut. Hasil yang diharapkan nantinya adalah dapat mengetahui penyebab kegagalan atau kerusakan yang terjadi pada komponen tersebut. Analisa kegagalan memiliki tujuan sebagai berikut[8] :

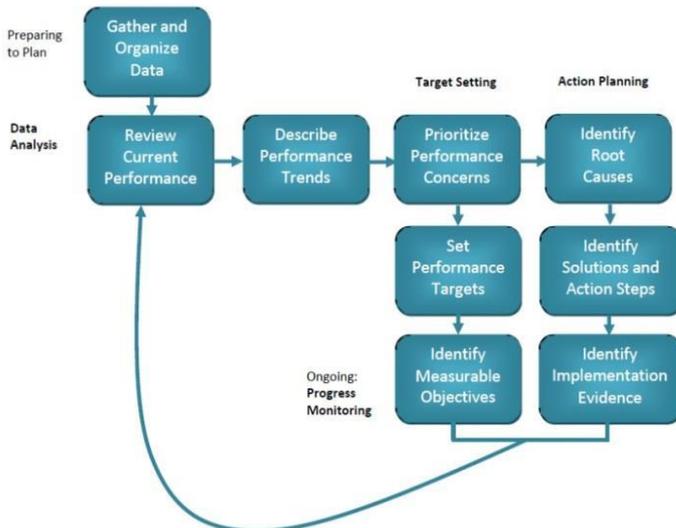
1. Menemukan penyebab utama kegagalan komponen.
2. Menghindari kegagalan atau kerusakan yang sama di masa yang akan datang dengan melakukan langkahlangkah penanggulangan yang telah diketahui.
3. Sebagai bahan laporan kegagalan produk kepada pembuat atau produsen komponen tersebut.
4. Sebagai langkah awal untuk memodifikasi komponen tersebut.
5. Sebagai pertimbangan untuk menentukan jadwal pemeliharaan dilakukan.

Investigasi kegagalan atau kerusakan menggunakan metoda *Root Cause Failure Analysis* akan mempermudah dalam menemukan penyebab dan menanggulangi permasalahan yang terjadi. Adapun tahapan atau langkah utama dalam dalam melakukan analisa kegagalan tersebut yaitu[8] :

1. *Gather and organize data*
2. *Review current performance*

3. *Describe performances trends*
4. *Prioritize performance concerns*
5. *Identify root cause*
6. *Identify conclusion and action steps*
7. *Solution*

Gambar 2.6 berikut ini menjelaskan tahapan-tahapan dengan menggunakan metoda *Root Cause Failure Analysis* (RCFA).



**Gambar 2. 6** Tahapan-tahapan metoda RCFA[8]

### 2.6.1 Process Analysis, Mapping, dan Flowcharts

*Process analysis, mapping, dan flowcharts* merupakan *tools* dari metoda *Root Cause Failure Analysis*. *Tools* ini berpacu pada proses yang dikelompokkan dalam bentuk diagram proses. Tujuan dari *tools* ini adalah untuk mengetahui secara jelas penyebab dari kegagalan atau kerusakan komponen.[8]

### 2.6.2 Why Analysis

*Why analysis* merupakan *tools* dari metoda *Root Cause Failure Analysis*. *Tools* ini adalah teknik grafik yang mengandung sebuah penjabaran secara skematik dari kombinasi kejadian-kejadian dalam sebuah sistem. Dalam *tools* ini kita harus menganalisa secara kritis dengan selalu bertanya mengapa (*why*) untuk suatu permasalahan, agar dapat mengkombinasikan sebuah sistem dan mencari akar permasalahan yang terjadi.[8]

### 2.7 Penelitian Terdahulu

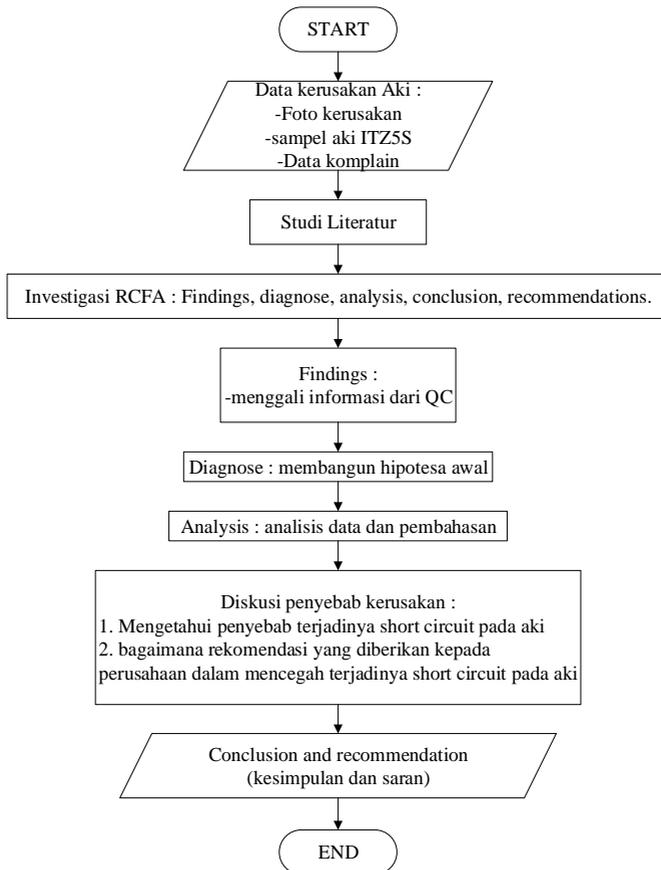
P. Ruetschi tahun 2004 meneliti tentang *Aging mechanisms and service life of lead-acid batteries*. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis tentang penyebab kegagalan aki yang mempengaruhi dari umur aki tersebut. Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah terdapat 5 penyebab penuaan atau kerusakan aki, yaitu :

- *Anodic corrosion*
- *Positive active mass degradation and loss of adherence to the grid*
- *Irreversible formation of lead sulfate in the active mass*
- *Short circuit*
- *Loss of water*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian pada tugas akhir ini akan dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian yang ditunjukkan oleh gambar 3.1 sebagai berikut :



**Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian**

## **3.2 Metodologi Penelitian**

### **3.2.1 Studi lapangan dan Pengumpulan Data**

Penulis melakukan studi lapangan yaitu melihat proses atau area *assembly* aki ITZ5S dan laboratorium *quality control* PT. Indobatt, sedangkan data diperoleh dari laporan atau data *history* pihak *Quality Control* PT. Indobatt. Data-data yang dibutuhkan sebagai acuan untuk mengidentifikasi masalah *short circuit* pada aki ITZ5S Volcano adalah sebagai berikut :

1. Foto kerusakan aki ITZ5S Volcano
2. Data proses *assembly*

### **3.2.2 Studi Literatur**

Literatur yang dijadikan pedoman oleh penulis bersumber dari pihak QC PT. Indobatt. Literatur tersebut antara lain :

1. Data *History* pengetesan Aki
2. Standar *Quality Plan* PT. Indobatt
3. Sumber penunjang berupa buku atau jurnal yang dirasa perlu.

### **3.2.3 Investigasi RCFA**

Setelah data yang diperlukan terkumpul maka dilakukan investigasi dengan metode RCFA sebagai berikut :

#### **3.2.3.1 Findings**

Penulis melakukan *Findings* dengan menggali informasi dari pihak QC. Penulis melihat secara langsung bentuk kerusakan aki yang mengalami *short circuit* di lapangan dan melakukan survey kepada pihak teknisi terkait.

#### **3.2.3.2 Diagnose**

*Diagnose* atau melakukan hipotesis awal/ sementara mengenai penyebab terjadinya *short circuit* pada aki. Berdasarkan tinjauan pustaka yang dilakukan, diperoleh hasil hipotesis antara lain terjadinya kontak antara plat positif dan negatif akibat robeknya separator dan akibat plat melebihi separator, serta

timbulnya dendrit yang dapat menyebabkan terjadinya kontak antara plat positif dan negatif pada saat pemakaian.

### **3.2.3.3 Analysis**

Penulis melakukan tahap *analysis* yaitu pengujian hipotesa dan identifikasi penyebab kerusakan untuk membuktikan atau menganalisa hipotesa awal dan mencari akar masalah. Tahapan yang dilakukan adalah :

1. Melakukan uji pembebanan pada aki ITZ5S Volcano yang mengalami kerusakan. Dengan melakukan pengujian pembebanan penulis dapat mengetahui kerusakan terjadi di sel mana dan dapat mengetahui kapasitas dari aki tersebut. Pengujian dilakukan di laboratorium PT. Indobatt.
2. Penulis melakukan pembongkaran terhadap aki tersebut dan melakukan identifikasi terhadap sel yang diindikasikan mengalami *short circuit*.
3. Melakukan analisis terhadap kemungkinan-kemungkinan penyebab terjadinya *short circuit* pada aki ITZ5S Volcano.

### **3.2.3.4 Conclusion and Recommendation**

Pada tahap ini merupakan langkah akhir dalam penelitian tugas akhir yang menyajikan informasi mengenai kesimpulan yang didapat berdasarkan analisis sehingga dapat memberikan solusi yang tepat kepada pihak PT. Indobatt perihal topik yang diangkat.

## **3.2.4 Bahan dan Peralatan Uji**

### **3.2.4.1 Spesimen yang Diuji**

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan spesimen aki ITZ5S Volcano produk dari PT. Indobatt. Spesimen ini nantinya akan dilakukan pengujian pembebanan. Spesimen yang diuji dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



**Gambar 3. 2** Spesimen aki ITZ55 Volcano

#### **3.2.4.2 Alat Pengujian**

Alat pengujian yang digunakan untuk uji pembebanan dapat dilihat seperti Gambar di bawah ini :

1. *Battery tester*



**Gambar 3. 3** *Battery tester*[9]

## 2. Multimeter



**Gambar 3. 4** Multimeter[10]

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas mengenai kemungkinan-kemungkinan penyebab terjadinya *short circuit* yang dapat menyebabkan kegagalan aki ITZ 5 S Volcano. Analisis penyebab kerusakan dilakukan dengan mengacu kepada foto kerusakan, data komplain, dan informasi penunjang lainnya yang didapatkan dari pihak PT. Indobatt Industri Permai. Setelah itu dilakukan hipotesis dan penguian untuk memperoleh data yang dapat membantu untuk menemukan akar penyebab kerusakan.

#### **4.1 *History Report* dan Data Kerusakan Aki ITZ 5S Volcano**

Data-data yang didapatkan, sehingga menjadi dasar acuan atau referensi dalam mengidentifikasi penyebab terjadinya *short circuit* pada aki ITZ 5 S Volcano adalah sebagai berikut :

1. Data komplain konsumen
2. Foto-foto kerusakan Aki ITZ 5 S Volcano

##### **4.1.1 Data Komplain Konsumen**

Tabel 4.1 merupakan data komplain dari konsumen terkait kerusakan aki ITZ 5 S Volcano dari pihak laboratorium PT. Indobatt Industri Permai.

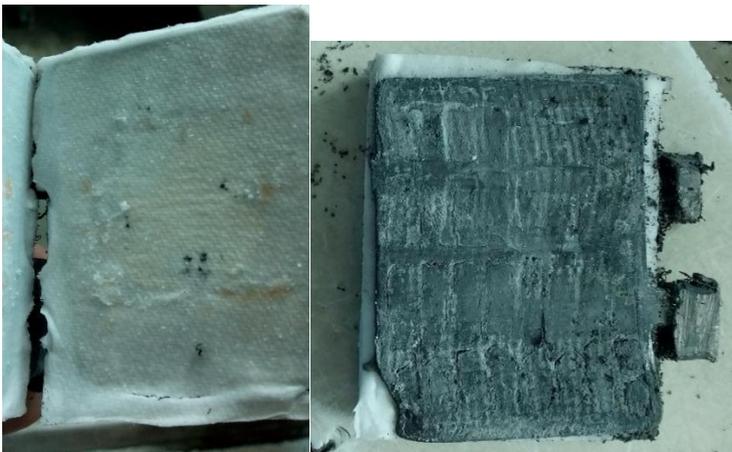
Dari tabel 4.1 bisa dilihat bahwa aki yang dikomplain paling lama berumur 14 bulan sedangkan umur yang terpendek adalah 2 bulan. Dari data di atas terlihat bahwa beberapa aki mengalami kerusakan yang begitu cepat dan penyebab dari kegagalannya adalah *short circuit*.

**Tabel 4. 1** Data komplain konsumen 2016[1]

Tipe Aki	Merek	Tgl. Produksi	Kode Produksi	Tgl. Pemakaian	Tgl. Komplain	Keputusan	TYPE MERK	ITEM NO.	FAILURE MODE
ITZ5S	Volcano	6-Nov-15	01061		8-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	5-Apr-16	01009		8-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	3-Feb-16	00130		8-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	11-Apr-16	03103		23-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	5-May-16	00872		29-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	6-Apr-15	01062		29-Jun-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	23-Oct-15	01382		22-Jul-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	25-Apr-16	09378		22-Jul-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	20-Apr-16	07181		22-Jul-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	29-Apr-16	10516		26-Jul-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	25-Apr-16	08711		26-Jul-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	3-Feb-16	00073		4-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	12-Feb-16	00687		5-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	11-Nov-15	01531		5-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	13-Apr-16	01263		5-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	25-Apr-16	08952		19-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	6-Nov-15	01120		19-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	5-Apr-16	01008		29-Aug-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	5-Apr-16	00933		5-Sep-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	26-Oct-15	01582		19-Sep-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit
ITZ5S	Volcano	25-Apr-16	08745		19-Sep-16	Ganti	ITZ5S Volcano	LITZ5S030303	Short Circuit

#### 4.1.2 Foto-foto Kerusakan Aki ITZ 5 S Volcano

Foto kerusakan aki ITZ 5 S Volcano diperoleh dari pihak laboratorium PT. Indobatt Industri Permai dan dari foto langsung dilapangan.



**Gambar 4. 1** Foto kerusakan aki

Pada gambar 4.1 terlihat terjadi kerusakan pada separator/AGM di aki ITZ 5 S Volcano kerusakan ini merupakan indikasi terbentuknya dendrit pada separator yang menyebabkan terjadi *short circuit* sehingga aki mengalami kerusakan. Pada gambar kedua terlihat bahwa plat mengalami kerusakan yang menyebabkan plat menembus separator dan hal ini juga menyebabkan terjadinya *short circuit* pada aki tersebut.

#### **4.2 Possibilitas Penyebab terjadinya *Short Circuit* pada Aki ITZ 5 S Volcano**

Kerusakan aki dapat disebabkan salah satunya karena terjadinya *short circuit*. *Short circuit* ini dapat disebabkan oleh beberapa hal. Berdasarkan studi literatur terdapat beberapa penyebab terjadinya *short circuit* pada aki.

1. *Dendrite growth* merupakan tumbuhnya dendrit dari plat negatif yang menembus separator sehingga dapat menyebabkan kontak antara plat negatif dan plat positif yang nantinya akan terjadi *short circuit*. Pertumbuhan dendrit ini terjadi selama pemakaian aki tersebut.
2. Kesalahan proses perakitan dapat juga menyebabkan terjadinya *short circuit*. Ketika separator rusak atau plat yang rusak sehingga menyebabkan separator rusak dan menyebabkan plat positif dan plat negatif terjadi kontak, hal ini dapat menimbulkan *short circuit* ketika aki ini digunakan.

#### **4.3 Analisis Kerusakan Aki**

Bentuk kerusakan pada Aki ITZ 5 S Volcano dari komplain belum diketahui sebelumnya, sehingga perlu dilakukan pengujian pembebanan. Pengujian pembebanan ini dilakukan untuk mengetahui kerusakan aki terjadi pada sel mana, sehingga nantinya aki tersebut dibongkar untuk dilihat bentuk kerusakannya.

Pengujian pembebanan pada aki ITZ 5 S Volcano dari komplain memperoleh hasil sebagai berikut.

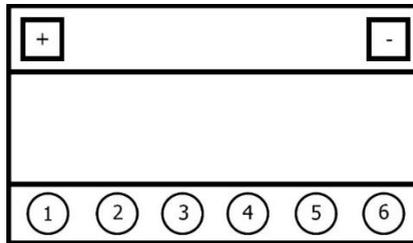
**Tabel 4. 2** Voltase Aki ITZ 5 S Volcano

no.spesimen	Kode Produksi	Volt total	1	2	3	4	5	6	pol
1	200416 07370	10.08	1.72	1.56	2	0.3	1.91	2.02	0.6
2	200416 07443	11.22	1.38	1.99	1.98	1.99	1.37	1.91	0.61
3	170614 03321	9.65	1.43	1.99	1.97	1.97	1.98	0.13	0.16
4	470614 03147	8.51	1.72	1.94	1.95	1.93	1.45	0.62	0.19
5	220915 01827	8.25		1.92	0.49	1.92	1.96	1.97	0.56
6	170614 03355	6.68	1.03	1.49	0.13	1.94	0.47	1.46	0.12
7	170614 03344	8.35	1.34	1.47	1.97	1.95	1.42	1.49	0.25
8	150416 05830	11.48	1.36	1.99	1.51	1.95	1.96	2.02	0.63
9	066614 01792	7.12	1.35	1.94	0.69	1.99	1.52	1.56	0.13
10	170614 03164	10.93	1.33	1.91	1.9	1.89	1.89	1.9	0.12
11	080416 02726	10.38	1.44	2.06	2.06	2.07	0.21	1.81	0.66
12	140416 04889	2.07	1.39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.58
13	061115 01189	8.08	1.46	1.94	0.09	0.01	2.03	2.01	0.68

Tabel 4.22 ini merupakan tabel yang menunjukkan nilai tegangan total aki tersebut dan nilai tegangan di tiap selnya. Dari tabel di atas terlihat bahwa salah satu sel memiliki tegangan yang lebih rendah dari yang lainnya. Hal ini menandakan bahwa di sel tersebut mengalami masalah.

**Tabel 4. 3** Posisi sel yang rusak

no.spesimen	1	2	3	4	5	6
1				v		
2					v	
3						
4						
5			v			
6						
7						
8			v			
9						
10						
11					v	
12						
13			v			



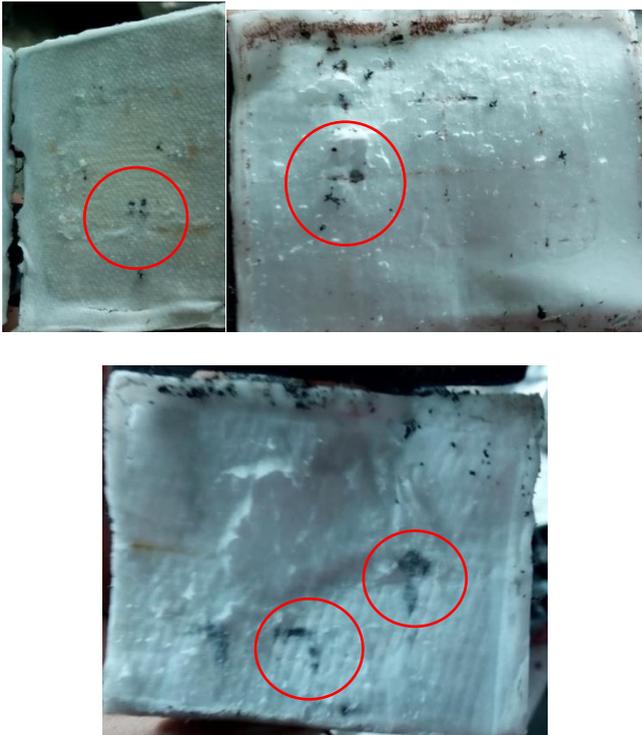
**Gambar 4. 2** Posisi sel aki

Kemudian dilakukan uji pembebanan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 terlihat beberapa sel mengalami kerusakan yang menyebabkan timbulnya buih yang mengindikasikan sel tersebut mengalami *short circuit*. Jika dibandingkan antara tabel 4.2 dan tabel 4.3 bahwa kondisi sel yang memiliki tegangan terkecil merupakan indikasi bahwa di sel tersebut mengalami kerusakan. Pada beberapa aki tidak dapat dilakukan pengujian pembebanan dikarenakan nilai *Cold Cranking Ampere (CCA)* bernilai nol sehingga aki tersebut tidak memiliki atau tidak mampu mengalirkan arus. Dari data di atas kita dapat melakukan pembongkaran aki untuk menganalisis bentuk kerusakan pada sel aki yang diindikasikan mengalami kerusakan.



**Gambar 4. 3** Aki yang mengalami *short circuit* pada uji pembebanan

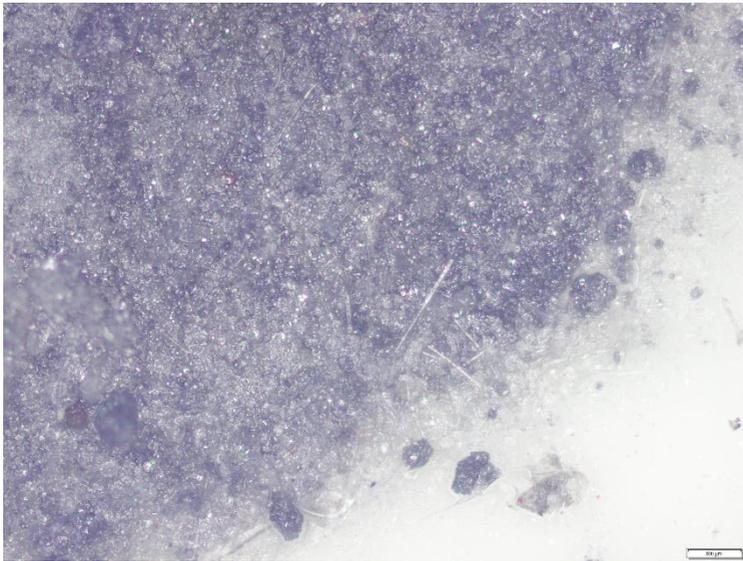
Berdasarkan hasil pembongkaran aki yang telah dilakukan pengujian pembebanan, terdapat kerusakan akibat tumbuhnya dendrit dan kerusakan akibat proses perakitan. Penelitian ini difokuskan pada kegagalan akibat pemakaian. Sel yang dibongkar dan diteliti terdapat bercak-bercak hitam seperti yang dilingkari merah pada gambar 4.3. Bercak-bercak hitam ini merupakan dendrit yang tumbuh dan menembus melewati separator. Dendrit ini merupakan kristal yang terbentuk dari sulfatasi ketika aki diberikan beban.



**Gambar 4. 4** Separator yang mengalami pertumbuhan dendrit

Pada AGM yang diduga mengalami pertumbuhan dendrit tersebut dilakukan pengecekan dengan menggunakan mikroskop

dengan perbesaran 100x. Pada gambar 4.5, gambar yang berwarna hitam menunjukkan bahwa terdapat dendrit yang tumbuh pada separator.

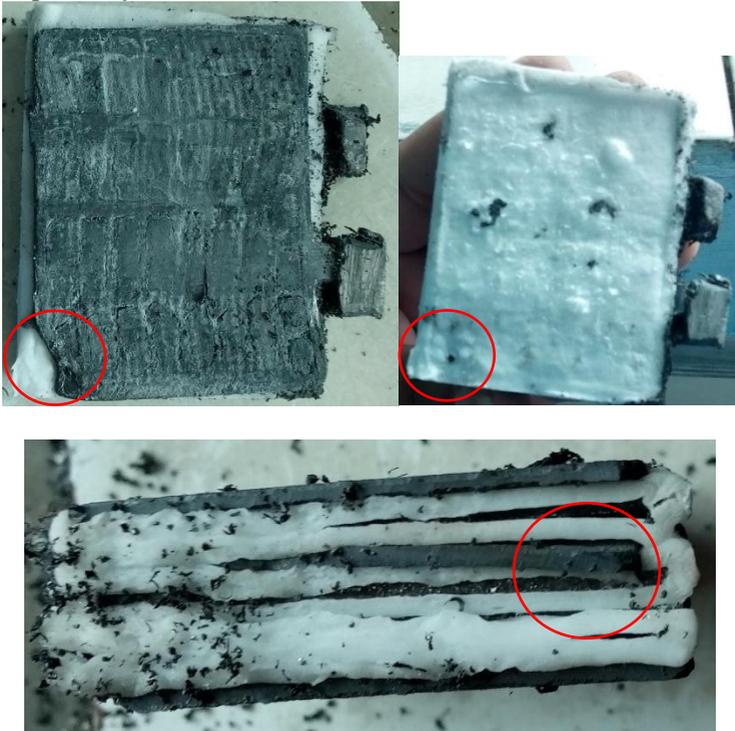


**Gambar 4.5** Hasil mikroskopik pada separator yang memiliki dendrit

Ada juga kerusakan akibat cacat produksi ini khususnya akibat dari proses perakitan ini dapat menyebabkan kerusakan aki dalam hal ini yang ditinjau adalah kerusakan yang dapat menyebabkan *short circuit*. Hasil dari pembongkaran aki dan sel aki pada penelitian ini didapatkan beberapa bentuk kerusakan akibat cacat produksi yang menyebabkan *short circuit*. Kerusakan tersebut dapat dilihat seperti gambar di 4.6.

Pada gambar 4.6 yang pertama terlihat bahwa salah satu plat negatif mengalami rusak yang melengkung ke dalam sehingga merusak separator seperti gambar kedua. Pada gambar yang ketiga juga mengalami hal yang sama yaitu salah satu plat

negatifnya mengalami deformasi atau melengkung dan menyentuh plat positifnya.



**Gambar 4. 6** kerusakan aki akibat perakitan

*Short circuit* dapat terjadi karena adanya kontak antara plat positif dan plat negatif. Dengan rusaknya separator yang menyebabkan plat negatif dan plat positif bersentuhan, hal ini menjadi penyebab terjadinya *short circuit* di sel aki tersebut. Seperti gambar 4.6 hal ini lah yang menjadi penyebab terjadinya *short circuit* di sel aki tersebut dikarenakan plat positif dan plat negatifnya saling bersentuhan.

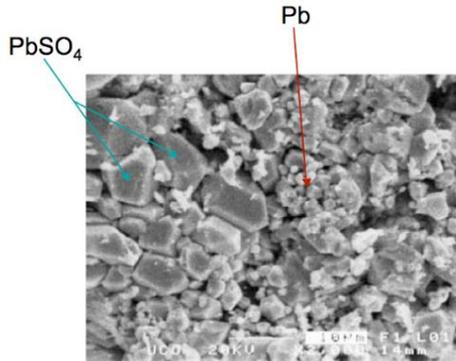
#### 4.4 Analisis Possibilitas Penyebab *Short Circuit* pada Aki ITZ 5 S Volcano

Berdasarkan hipotesa awal yang dingaun, penulis melakukan analisis terhadap potensial penyebab *short circuit* yang terjadi pada aki ITZ 5 S Volcano.

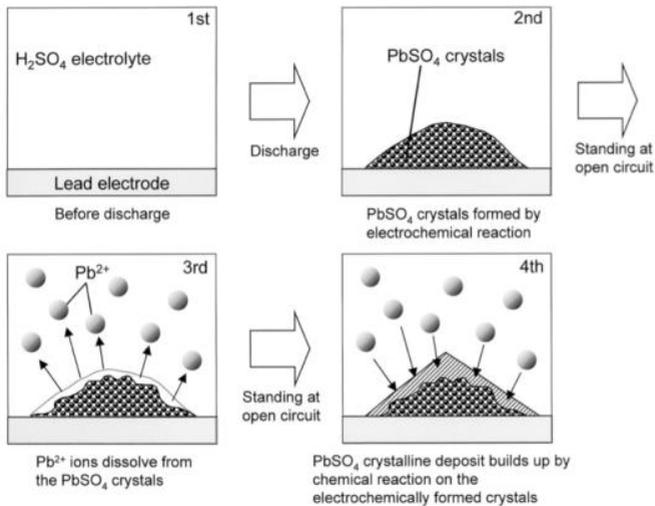
##### 4.4.1 *Dendrite Growth*

Dendrit terbentuk dikarenakan pada proses *discharge* Pb bereaksi dengan  $H_2SO_4$  menghasilkan  $PbSO_4$ ,  $PbSO_4$  yang terkristalisasi ini terbentuk dan menutupi permukaan dari material aktif negatif. Kristal  $PbSO_4$  ini memiliki ukuran substansi yang lebih besar dari pada Pb seperti gambar 4.6. Hal ini dapat berdampak terhambatnya proses difusi elektrolit ke dalam material aktif dan menghasilkan *capacity loss* yang lebih besar. Selama proses *discharge* kristal  $PbSO_4$  ini akan semakin banyak terbentuk dan semakin menutupi permukaan dari material aktif negatif. Pada saat *open circuit*,  $PbSO_4$  yang terbentuk akan berdifusi menghasilkan ion  $Pb^{2+}$  dan pada saat *open circuit* pula  $Pb^{2+}$  yang terbentuk tadi akan menumpuk pada permukaan  $PbSO_4$ , hal ini bisa dilihat pada gambar 4.8. Kemudian pada saat proses *charging* ion  $Pb^{2+}$  tadi akan larut dan membentuk Pb. Pb yang terbentuk ini tumbuh dipermukaan  $PbSO_4$  dan celah-celah  $PbSO_4$  seperti gambar 4.7. Semakin lama proses *charging* ini maka Pb yang terbentuk hasil dari ion  $Pb^{2+}$  yang terlarut tadi semakin banyak dan menumpuk. Penumpukan Pb inilah yang menjadi cikal bakal dendrit.

Pada aki VRLA, *hard sulfation* lebih banyak ditemukan pada plat negatif dibanding plat positif. Mekanisme pembentukan kristal  $PbSO_4$  yang lebih besar umumnya terjadi saat baterai dalam kondisi *State of Charge* yang rendah dan dalam kondisi tidak terpakai. Saat itu, konsentrasi asam yang rendah membuat kelarutan  $Pb^{2+}$  lebih tinggi, dan memungkinkan kristal tumbuh membesar sehingga lebih sulit untuk terpecah pada saat pengisian.[13]



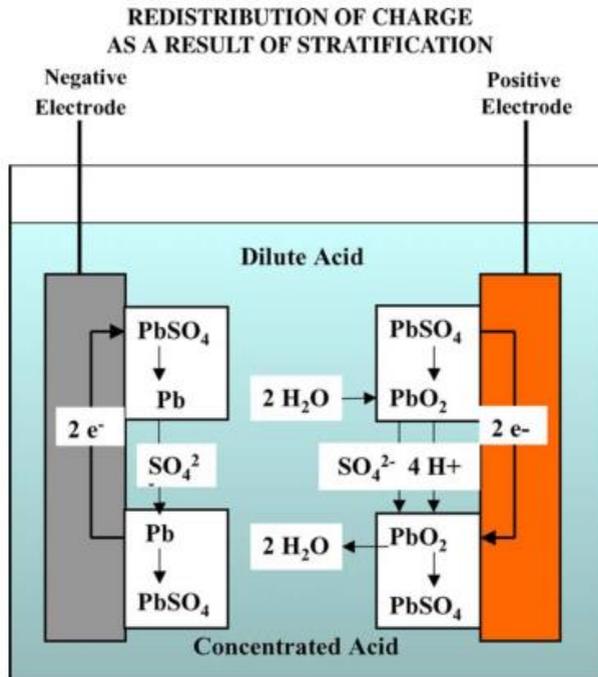
**Gambar 4. 7** Kristal  $\text{PbSO}_4$  pada permukaan material aktif negatif[13]



**Gambar 4. 8** Skema pembentukan  $\text{PbSO}_4$ [13]

Jenis kristal  $\text{PbSO}_4$  yang kecil dan tidak menutup penuh atau hanya sebagian, dapat dikonversi kembali ke bentuk elektrokimia aktif tanpa mengakibatkan *loss of capacity*. Namun,

bahaya rekristalisasi  $\text{PbSO}_4$  selalu ada, ketika plat tetap dalam kondisi SoC yang rendah untuk waktu tidak aktif yang lama. Hal ini dapat terjadi, ketika aki tidak *charge* dengan waktu yang cukup, atau kurang sering. Bahkan, material aktif harus, setidaknya dari waktu ke waktu, harus benar-benar terkonversi kembali ke keadaan terisi, yaitu Pb dalam plat negatif, dan  $\text{PbO}_2$  dalam plat positif, untuk menghindari sulfatasi.



**Gambar 4. 9** Mekanisme redistribusi pengisian, yang dihasilkan dari stratifikasi asam[2]

Dalam aki VRLA, karena elektrolit terserap dalam AGM, maka fenomena sulfatisasi lebih mudah terjadi di lokasi yang tidak cukup tinggi konsentrasi asam sulfatnya. Gambar 4.8 menjelaskan mekanisme stratifikasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  saat aki bekerja. Rendahnya kadar asam sulfat juga dapat menyebabkan korosi dari *lugs* negatif,

*strap* atau *post* karena tidak cukup terlindungi oleh polarisasi katodik. Di lokasi ini masa aktif negatif mungkin menjadi tidak aktif dimana tingkat asam sangat rendah sehingga asam tidak lagi menutupi plat. Masukanya udara yang mengandung oksigen karena kerusakan pada *seal* atau *valve*, mungkin dapat memperburuk situasi.[2]

Untuk mencegah pertumbuhan dendrit dapat dilakukan dengan mengatasi hal-hal yang mempengaruhi pertumbuhan dendrit tersebut. Fenomena *sulfation* perlu dicegah atau dikurangi untuk mengurangi pertumbuhan dendrit. Serta dapat juga melakukan modifikasi terhadap separator untuk mencegah atau memperlambat pertumbuhan dendrit. Salah satu yang mempengaruhi dari pertumbuhan dendrit pada aki VRLA adalah ketebalan AGM. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yanzhen Zeng *et al* [12] ditemukan bahwa ukuran ketebalan dari separator atau AGM tersebut sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dendrit tersebut. Hal ini akan dibahas pada bab selanjutnya.

#### 4.5 Diskusi Hasil Analisa

Dari keseluruhan yang telah dilakukan dapat didiskusikan penyebab *short circuit* pada aki ITZ 5 S Volacano, yaitu :

1. Berdasarkan pengecekan tegangan dan uji pembebanan didapatkan bahwa sel aki yang mengalami kerusakan memiliki tegangan yang lebih rendah dari sel yang lainnya. Dari uji pembebanan terlihat juga buih yang terbentuk menandakan bahwa sel tersebut mengalami *short circuit*.
2. Sumber penyebab terjadinya *short circuit* pada aki ITZ 5 S Volacano ini utamanya disebabkan oleh pertumbuhan dendrit namun ada juga karena kesalahan perakitan.
3. Pertumbuhan dendrit ini terjadi dikarenakan kristalisasi  $\text{PbSO}_4$  yang terbentuk pada permukaan plat negatif dan pada saat proses *charging* ion  $\text{Pb}^{2+}$  membentuk Pb yang

- terus tumbuh sampai bisa menembus separator dan mengakibatkan plat negatif dan plat positif terjadi kontak.
4. Kesalahan perakitan juga bisa menyebabkan plat merusak separator sehingga plat positif dan plat negatif bersentuhan.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V SOLUSI HASIL PENELITIAN

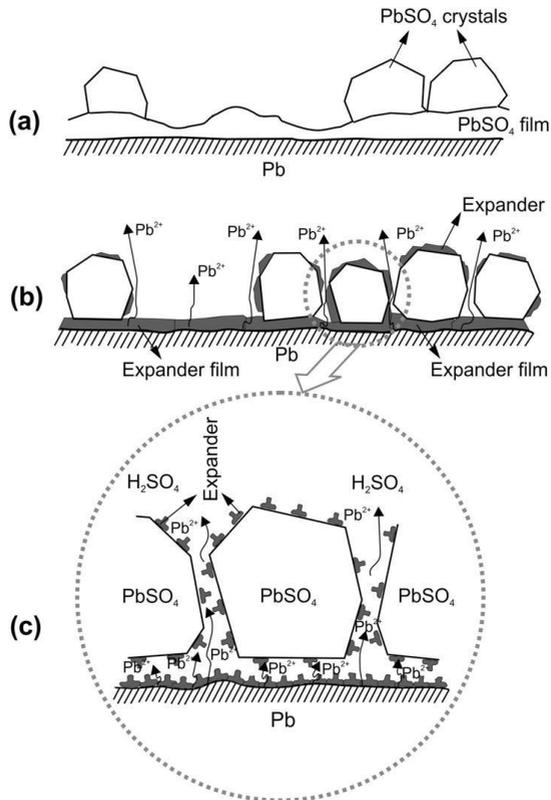
### 5.1 Penambahan Ekspander

Pembentukan  $\text{PbSO}_4$  akibat reaksi antara ion  $\text{Pb}^{2+}$  dari plat negatif dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menutupi permukaan material aktif di plat negatif, hal ini membuat elektroda menjadi pasif. Permukaan masa aktif semakin kecil sehingga dapat menurunkan kapasitas dan performa dari aki tersebut.

Untuk mencegah pembentukan lapisan  $\text{PbSO}_4$  pada permukaan material aktif pada plat negatif diperlukan penambahan ekspander pada pasta negatif. Campuran yang ditambahkan adalah Lignosulfanat +  $\text{BaSO}_4$  + carbon. Komponen ini akan terserap pada permukaan timbal sulfat dan mencegah endapan  $\text{PbSO}_4$  pada saat *discharge*, tetapi berkontribusi untuk pembentukan lapisan sulfat berpori juga.

Gambar 5.1 menunjukkan skema representasi dari  $\text{Pb/solution}$  selama pembentukan kristal  $\text{PbSO}_4$ . Ketika tidak ada ekspander yang terkandung dalam masa aktif negatif, permukaan Pb diselubungi oleh *film* kristal  $\text{PbSO}_4$  yang larut sebagian, dimana ion  $\text{Pb}^{2+}$  (atau molekul  $\text{PbSO}_4$ ) mengendapkan ke  $\text{PbSO}_4$  *nuclei* atau kristal dan ini berkontribusi untuk pertumbuhan mereka (gambar a).

Telah ditetapkan bahwa bentuk komponen ekspander organik lapisan *netlike* (retikular) tiga dimensi pada permukaan logam dan lapisan ini seperti koloid. Ion timbal melewati lapisan retikular ini, meskipun perpindahan mereka terhambat (gambar b,c). Kristal timbal sulfat membentuk melebihi lapisan ini (daripada secara langsung pada permukaan Pb), sehingga tidak ada lapisan  $\text{PbSO}_4$  terbentuk rapat pada permukaan elektroda untuk mempasifkan itu. Konsekuensinya, kuantitas dari PbO meningkat dan karenanya kapasitas elektroda meningkat juga.



**Gambar 5. 1** Skema struktur lapisan  $PbSO_4$  : (a) tanpa ekspander, (b,c) dengan ekspander

Barium Sulfat ( $BaSO_4$ ) berfungsi sebagai inti dari formasi dan pertumbuhan dari kristal  $PbSO_4$  dan membuat kristal tersebut terdistribusi merata ke seluruh pori pada masa aktif. Fungsi dari barium sulfat merupakan bentuk dari *isomorphism* antara kristal  $PbSO_4$  dan  $BaSO_4$ . Sementara penambahan karbon pada pasta berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas elektrik pada masa aktif *lead* saat di akhir proses *discharge*, ketika kandungan kristal  $PbSO_4$  pada masa aktif negatif meningkat. Lignin berfungsi untuk

membentuk lapisan *polyelectrolyte* pada permukaan *lead*, untuk mencegah pembentukan formasi lapisan  $\text{PbSO}_4$  pada permukaan elektroda negatif.

Formula yang biasa digunakan pada komposisi ekspander mengandung tiga komponen, meyakinkan performa yang baik pada masa aktif negatif, terutama pada suhu rendah. Tipe formulasi ekspander yang digunakan pada industri baterai adalah 0,2-0,3% lignosulfanat, 0,8-1,0%  $\text{BaSO}_4$ , 0,1-0,3% *carbon black*, semua dikalkulasi dalam *weight percent* Pb digunakan untuk persiapan pasta.[11]

Pada PT. Indobatt Industri Permai sendiri memiliki formulasi ekspander yang terdiri dari 0,125% *carbon black*, 0,17%  $\text{BaSO}_4$ , dan 0,21% lignosulfonat. Dengan demikian perlu adanya penambahan komposisi  $\text{BaSO}_4$  pada formulasi ekspander PT. Indobatt sebesar 0,7%.

## 5.2 *Inverse Charging*

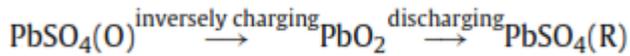
Penelitian yang dilakukan oleh Bo Zhang *et al* mengatakan bahwa  $\text{PbSO}_4$  yang dihasilkan dari katoda dan anoda memiliki bentuk yang berbeda dalam proses *discharge* pada *lead-acid battery*. Sulfatasi dari material Pb pada katoda merupakan salah satu masalah pada *lead-acid batteries*. Sulfatasi  $\text{PbSO}_4$  dihasilkan dari oksidasi Pb pada saat pengisian aki, namun  $\text{PbSO}_4$  akan deposit ke elektroda dalam bentuk partikel kristal dan ini tidak aktif dalam daur ulang pengosongan-pengisian.

Ketika *lead-acid battery* beroperasi di bawah kondisi *deep discharge*,  $\text{PbSO}_4$  dalam jumlah besar akan terbentuk pada elektroda, dan kristalisasi dari  $\text{PbSO}_4$  dapat menyebabkan keadaan serius dimana membuat pengisian aki menjadi lebih sulit.

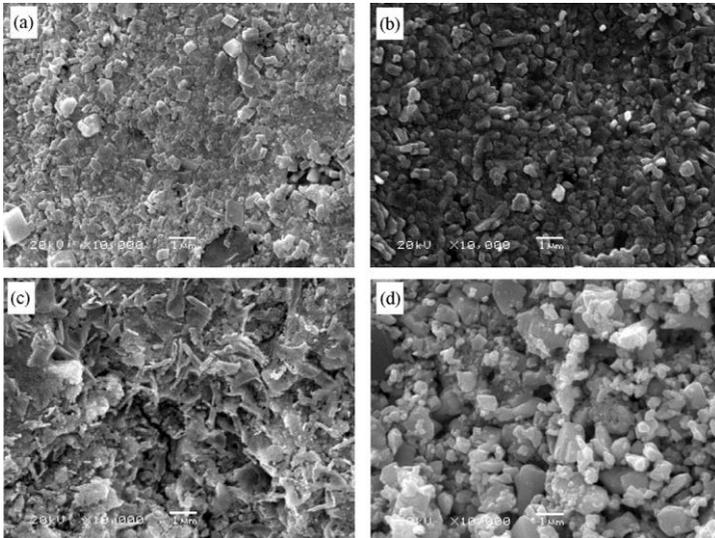
$\text{PbSO}_4$  yang tercipta dari katoda hasil dari oksidasi Pb disebut  $\text{PbSO}_4(\text{O})$  dan  $\text{PbSO}_4$  yang terbentuk dari anoda hasil dari reduksi  $\text{PbO}_2$  disebut  $\text{PbSO}_4(\text{R})$ . ketika aki bekerja di bawah kondisi *deep discharge*, banyak  $\text{PbSO}_4(\text{O})$  akan terbentuk dan mengkristal di elektroda negatif.  $\text{PbSO}_4(\text{O})$  hasil oksidasi dari Pb

lebih susah untuk larut atau kembali pada saat pengisian dibandingkan  $\text{PbSO}_4(\text{R})$ .

Untuk mengatasi sulfatasi  $\text{PbSO}_4$  di katoda maka diperlukan *inverse charging* yang membuat reaksi pada elektroda negatif menjadi seperti di bawah ini :



Dengan demikian  $\text{PbSO}_4(\text{O})$  akan berubah menjadi  $\text{PbSO}_4(\text{R})$  dan nantinya  $\text{PbSO}_4(\text{R})$  tersebut akan lebih mudah untuk larut atau kembali pada saat proses pengisian aki.

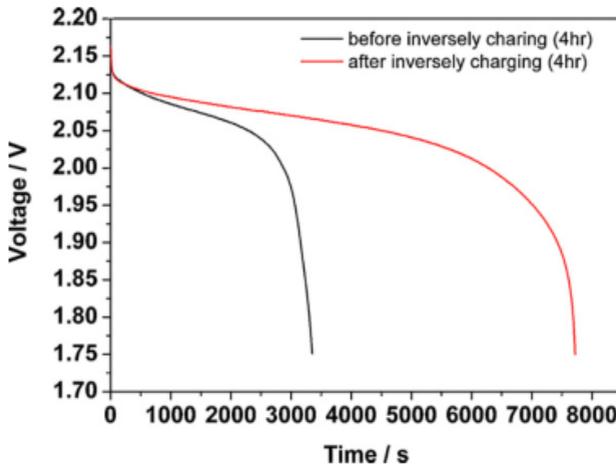


**Gambar 5. 2** Hasil SEM dari lapisan permukaan elektroda Pb. (a) Pb, (b)  $\text{PbSO}_4(\text{O})$ , (c)  $\text{PbO}_2$ , (d)  $\text{PbSO}_4(\text{R})$ [14]

Gambar 5.2 merupakan gambaran dari struktur mikro hasil dari SEM dimana gambar a, merupakan Pb prepolarized pada -2V untuk 600s; gambar b merupakan  $\text{PbSO}_4(\text{O})$  hasil oksidasi Pb pada -0.95V untuk 3600s; gambar c merupakan  $\text{PbO}_2$  hasil dari Pb

polarized pada 2V untuk 600s; gambar d merupakan  $\text{PbSO}_4(\text{R})$  hasil dari reduksi  $\text{PbO}_2$  pada 0.96V untuk 3600s.

Hasil dari *inverse charging* dapat mengembalikan performa dari aki itu sendiri. Bisa dilihat pada gambar 5.3 di bawah ini.



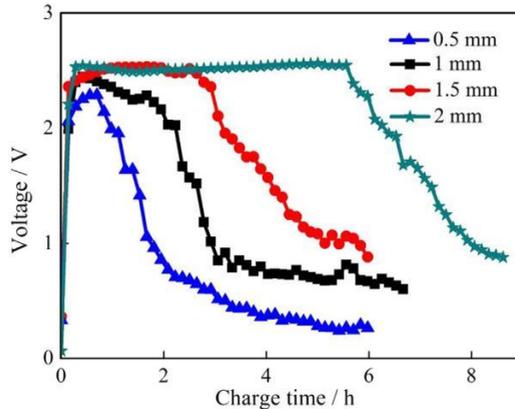
**Gambar 5.3** Grafik *discharge* dari *fully sulfated lead-acid battery* (2V/4Ah) pada 4-h rate sebelum *inverse charging* dan sesudah *inverse charging*[14]

Pada gambar 5.3 ini terlihat bahwa pada proses *discharging* aki yang belum dilakukan *inverse charging* memiliki tegangan yang turun tajam pada 2.0V, sedangkan tegangan aki yang sudah mengalami *inverse charging* turun perlahan sampai 1.9V, hal ini menandakan *discharging capability* aki yang sudah mengalami *inverse charging* meningkat.[14]

Namun, *Inverse charging* ini hanya bisa dilakukan ketika aki benar-benar habis, sebab jika dilakukan pada aki yang masih memiliki tegangan akan terjadi korsleting.

### 5.3 Penambahan Ketebalan Separator

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yanzhen Zeng *et al* ditemukan bahwa ukuran ketebalan dari separator atau AGM tersebut sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dendrit tersebut. Dikarenakan dendrit membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menembus AGM yang tebal pada saat pengisian.



**Gambar 5. 4** Grafik perbandingan tegangan dengan waktu pengisian berdasarkan pengaruh ketebalan AGM[12]

Bisa dilihat dari gambar grafik 5.4 pada separator dengan tebal 0,5 mm mengalami penurunan tegangan, Hal ini merupakan indikasi terjadinya *short circuit* yang disebabkan oleh pertumbuhan dendrit. Sebab pada saat proses *charging* dendrit akan tumbuh dan semakin lama proses *charging* tersebut maka pertumbuhan dendrit tersebut akan semakin meningkat juga sehingga bisa ditarik kesimpulan juga bahwa semakin tebal separator maka semakin lama dendrit dapat menembus separator dan semakin tipis separator jika di *charge* terlalu lama atau *overcharge* maka dendrit akan tumbuh dan menembus separator dan terjadilah *short circuit*.

Pada PT. Indobatt Industri Permai sendiri memiliki ketebalan separator sebesar 1,4 mm. Oleh karena itu untuk meningkatkan *life time* aki tersebut perlu adanya penambahan

ketebalan separator sebesar 2 mm untuk menghindari atau mengurangi laju pertumbuhan dari dendrit tersebut.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil investigasi penyebab kerusakan aki ITZ 5 S Volcano, yang berdasar kepada analisa data dan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengecekan tegangan didapat bahwa aki dari komplain memiliki kerusakan yang di tandai dengan rendahnya tegangan di salah satu sel aki tersebut.
2. Hasil dari uji pembebanan didapatkan bahwa sel aki yang memiliki tegangan yang rendah mengalami *short circuit*.
3. Pengamatan dari sel yang telah dibongkar didapatkan bahwa kerusakan aki yang disebabkan oleh *short circuit* ini terdiri dari dua penyebab, yaitu dari pemakaian dan dari kesalahan perakitan.
4. Pertumbuhan dendrit timbul akibat pemakaian. Pertumbuhan dendrit ini di tandai dengan adanya bercak hitam yang menembus separator. Hal ini lah yang menjadi penyebab *short circuit* dari aki ITZ 5 S Volcano.
5. Kesalahan perakitan ini menyebabkan plat merusak separator sehigga plat positif dan plat negatif saling bersentuhan. Hal ini lah yang menjadi penyebab *short circuit* dari aki ITZ 5 S Volcano.
6. Solusi yang diberikan yaitu memperbaiki proses perakitan dan menambahkan kandungan BaSO<sub>4</sub> pada ekspander sebesar 0,7% serta melakukan *re-design* AGM dengan menambahkan ketebalan menjadi 2 mm untuk menaikan performa aki dan meminimalisasi pertumbuhan dendrit.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada pihak PT. Indobatt Industri Permai adalah sebagai berikut :

1. Agar melakukan pengecekan yang lebih teliti dalam perakitan khususnya dalam proses pengepresan sel dan proses memasukkan sel ke dalam bak aki agar tidak terjadi kerusakan.
2. Perbaiki desain separator yaitu dengan menambahkan ekspander serta melakukan *re-design* AGM dengan menambahkan ketebalan untuk menaikkan performa aki dan meminimalisasi pertumbuhan dendrit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Database PT. Indobatt Industri Permai
- [2] Ruetschi, Paul., (2004). *Aging Mechanism and Service Life of Lead-Acid Batteries*. Swiss : Journal of Power Sources
- [3] Artikel : Baterai (Accu). 1 November 2016. <http://www.viarohidinthea.com>
- [4] Artikel : Cara Kerja Akkumulator (Aki, Accu, Baterai). 1 November 2016. <http://www.oprekzone.com>
- [5] Jung, Joey., Zhang, Lai., Zhang, JiuJun., (2016). *Lead-Acid Battery Technologies*. Boca Raton : CRC Press.
- [6] Sullivan, Kevin R., *12-volt Lead Acid BATTERY BASICS*. California : Skyline College
- [7] Battery Thecnology 101 Catalog. Tornado
- [8] Anhar, Irfan., (2015). *Analisa Penyebab Dan Pencegahan Keausan Guide Vane Coal Mill Pabrik Tuban 4 (Studi Kasus Pt. Semen Gresik Tuban, Jawa Timur)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Artikel : Charger aki kering motor. 14 November 2016. <http://www.instrumentindustri.com>
- [10] Artikel : How to use electric multimeter. 14 November 2016. <http://www.nccrops.com>
- [11] Pavlov, Detchko., (2011). *Lead-Acid Batteries: Science and Technology*. The Great Britain : Elsevier.
- [12] Zeng, Yanzhen., Hu, Jingcheng., Ye, Wenmei., Zhao, Whenchao., Zhou, Gang., Guo, Yonglang., (2015). *Investigation of Lead Dendrite Growth in The Formation of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Electric Bicycle Appllications*. China : Elsevier
- [13] Suozzo, Christopher, 2008. *Lead-Acid Battery And State of Health Diagnosis*. Ohio : The Ohio State University
- [14] Zhang, Bo., Zhong, Juhua., Li, Wenjun., Dai, Zhongyi., Cheng, Zhenmin., (2010). *Transformation of Inert PbSO<sub>4</sub> Deposit on The Negative Electrode of a Lead- Acid Battery into its Active State*. China : Elsevier

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap **Moses Hamonangan Parapat** dilahirkan pada tanggal 9 April 1994 di Bontang, Kalimantan Timur. Merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Santori Parapat dan Ibu Walentina Marpaung. Memulai pendidikan di TK, SD, SMP, dan SMA YPVDP Bontang. Setelah dinyatakan lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikannya pada tahun 2012 di salah satu jurusan terbaik pada salah satu Perguruan Tinggi Negeri yang terbaik di Indonesia yaitu Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.

Ketika kuliah, penulis mengambil bidang studi Rekayasa Sistem Industri dengan mengambil tugas akhir di PT. Indobatt Industri Permai. Semasa kuliah penulis aktif dalam kegiatan perkuliahan dan keorganisasian. Organisasi yang pernah diikutinya yakni Mesin ITS Autosport sebagai kepala divisi *Human Resources Development*. Selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan manajemen dan *leadership* Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.