

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Perancangan Baterai Aluminium" ini dengan baik. Dalam kesempatan ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tiada henti, yang menjadi sumber semangat kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Bapak Dr.Ir.Ekki Kurniawan, S.T, M.T selaku dosen pembimbing 1 dan bapak Erwin Susanto, S.T, M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing 2 kami, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Bapak/Ibu dosen penguji, yang telah memberikan waktu, saran, dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

Rekan-rekan mahasiswa dan sahabat-sahabat terbaik, yang selalu memberikan dukungan, bantuan, serta semangat yang tak kenal lelah, dan menemani kami dalam suka dan duka selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Seluruh staf pengajar dan karyawan Universitas Telkom, yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama masa studi kami di universitas ini.

Pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan membalas segala kebaikan yang telah diberikan kepada kami. Akhir kata, kami berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang perancangan baterai aluminium.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
TIMELINE REVISI DOKUMEN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMAKASIH .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB 1 ANALISIS KEBUTUHAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Informasi Pendukung.....	2
1.3 <i>Constraint</i> .....	5
1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi.....	6
1.5 Tujuan.....	6
BAB 2 SPESIFIKASI DAN VERIFIKASI.....	7
2.1 Spesifikasi Produk .....	7
2.1.1 Spesifikasi 1: Aluminium sebagai bahan baterai.....	7
2.1.2 Spesifikasi 2: Baterai dapat memiliki tegangan yang stabil. ....	7
2.1.3 Spesifikasi 3: Dapat menampilkan data informasi baterai.....	7
2.1.4 Spesifikasi 4: Baterai terintegrasi dengan modul sel surya. ....	8
2.2 Verifikasi.....	8
2.2.1 Verifikasi Spesifikasi 1: Aluminium sebagai bahan baterai. ....	8
2.2.2 Verifikasi Spesifikasi 2: Baterai dapat memiliki tegangan yang stabil. ....	8
2.2.3 Verifikasi Spesifikasi 3: Dapat menampilkan data informasi baterai.....	9
2.2.4 Verifikasi Spesifikasi 4 : Baterai terintegrasi dengan modul sel surya .....	9
BAB 3 DESAIN RANCANGAN SOLUSI.....	10
3.1 Konsep Solusi .....	10
3.1.1 Diagram Fungsi.....	10
3.1.2 Karakteristik Solusi.....	11
3.2 Rencana Desain dari Konsep Solusi Sistem .....	11
3.2.1 Diagram Blok Level 0.....	11
3.2.2 Diagram Blok/Flowchart Level 1 .....	13
3.2.3 Diagram Blok/Flowchart Level 2 .....	14
3.2.4 <i>Flowchart</i> .....	17

3.3	Pemilihan Komponen.....	18
3.4	Desain Sistem Terpilih dan Cara Penggunaannya .....	22
3.4.1	Desain Sistem.....	22
3.4.2	Cara Penggunaan Sistem.....	25
3.5	Jadwal Pengerjaan.....	25
BAB 4 IMPLEMENTASI SOLUSI .....		30
4.1	Implementasi Sistem.....	30
4.1.1	Sub-sistem 1 : Pengaruh kandungan logam lain dan konsentrasi NaCl terhadap tegangan yang dihasilkan. ....	30
4.1.1.1	Cara Kerja Sub Sistem .....	30
4.1.1.2	Implementasi.....	31
4.1.1.3	Pengujian/Kalibrasi.....	32
4.1.2	Sub-sistem 2 : Pengujian kestabilan dan ketahanan tegangan baterai .....	35
4.1.2.1	Cara kerja sub sistem .....	35
4.1.2.2	Implementasi.....	36
4.1.2.3	Pengujian/Kalibrasi.....	36
4.1.3	Sub-sistem 3 : Menampilkan informasi .....	39
4.1.3.1	Cara Kerja Sub Sistem .....	39
4.1.3.2	Implementasi.....	40
4.1.3.3	Pengujian/Kalibrasi.....	41
4.1.4	Sub-sistem 4 : Pengosongan baterai .....	52
4.1.4.1	Cara kerja sub-sistem.....	52
4.1.4.2	Implementasi.....	52
4.1.4.3	Pengujian/Kalibrasi.....	53
4.1.5	Sub-sistem 5 : Pengujian pengisian baterai .....	57
4.1.5.1	Cara kerja sub-sistem.....	58
4.1.5.2	Implementasi.....	58
4.1.5.3	Pengujian/Kalibrasi.....	59
4.1.6	Sub-sistem 6 : Pengujian modul sel surya .....	63
4.1.6.1	Cara kerja sub-sistem.....	63
4.1.6.2	Implementasi.....	64
4.1.6.3	Pengujian/Kalibrasi.....	64
4.2	Analisis Pengerjaan Implementasi Sistem.....	67
4.3	Hasil Akhir Integrasi Sistem.....	67
BAB 5 PENGUJIAN SISTEM.....		69
5.1	Pengujian Sistem.....	69
5.1.1	Verifikasi Spesifikasi 1 : Aluminium sebagai bahan baterai. ....	69

5.1.2	Verifikasi Spesifikasi 2 : Baterai dapat memiliki tegangan yang stabil .....	70
5.1.3	Verifikasi Spesifikasi 3 : Dapat menampilkan data informasi baterai.....	71
5.1.4	Verifikasi Spesifikasi 4 : Baterai terintegrasi dengan modul sel surya. ....	73
5.2	Kesimpulan dan Saran .....	75
5.2.1	Kesimpulan .....	75
5.2.2	Saran .....	76
DAFTAR PUSTAKA .....		77
Curriculum Vitae 1 .....		79
Curriculum Vitae 2 .....		80
Curriculum Vitae 3 .....		81
LAMPIRAN CD-1.....		82
LAMPIRAN CD-3.....		85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Potensial Reduksi .....	3
Gambar 3.1 Overall Function Baterai Aluminium .....	10
Gambar 3.2 Function tree Baterai Aluminium.....	10
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Baterai Aluminium .....	11
Gambar 3.4 Diagram Blok Level 1 Baterai Aluminium .....	13
Gambar 3.5 Diagram Blok Level 2-1 .....	14
Gambar 3.6 Diagram Blok Level 2 Proses pada Unit Proses bagian 1 .....	14
Gambar 3.7 Flowchart level 2 Proses Penampilan pada Unit Proses bagian 2 .....	15
Gambar 3.8 Flowchart Sistem monitoring baterai.....	17
Gambar 3.9 Desain Sel Baterai Aluminium .....	23
Gambar 3.10 Desain Isi Sel Baterai Aluminium.....	23
Gambar 3.11 Desain Modul Baterai yang Terintegrasi dengan Modul Sel Surya ...	24
Gambar 3.12 Desain Modul Baterai Dengan Ukuran Dimensi .....	24
Gambar 3.13 Desain Modul Baterai Aluminium .....	25
Gambar 3.14 Gantt Chart Minggu ke-1 sampai Minggu ke-8 .....	27
Gambar 3.15 Gantt Chart Minggu ke-9 sampai Minggu ke-16 .....	28
Gambar 3.16 Gantt Chart Minggu ke-25 sampai Minggu ke-32 .....	28
Gambar 3.17 Gantt Chart Minggu ke-33 sampai Minggu ke-40 .....	29
Gambar 3.18 Gantt Chart Minggu ke-41 sampai Minggu ke-48 .....	29
Gambar 4.1 Sampel Bahan Uji Anode.....	32
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Bahan Aluminium .....	34
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kestabilan Baterai.....	36
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Ketahanan Baterai .....	36
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Kestabilan Baterai .....	38
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Ketahanan Baterai.....	38
Gambar 4.7 Source Code Monitoring System (1).....	40
Gambar 4.8 Source Code Monitoring System (2).....	40
Gambar 4.9 Source Code Monitoring System (3).....	41
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Sensor Tegangan 1.....	43
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Sensor Tegangan 2.....	45
Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus 1 .....	48
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus 2 .....	50
Gambar 4.14 Source Code Delay LCD .....	51
Gambar 4.15 Hasil Delay LCD.....	52
Gambar 4.16 Pengujian Pengosongan Baterai .....	53
Gambar 4.17 Grafik Tegangan Hasil Pengujian Pengosongan Baterai .....	55
Gambar 4.18 Grafik Arus Hasil Pengujian Pengosongan Baterai.....	55
Gambar 4.19 Grafik Daya Hasil Pengujian Pengosongan Baterai .....	55
Gambar 4.20 Kondisi Baterai Sebelum Pengisian 1 .....	58
Gambar 4.21 Kondisi Tegangan Modul Sel Surya .....	58
Gambar 4.22 Kondisi Baterai Setelah Pengisian 1 .....	58
Gambar 4.23 Kondisi Baterai Sebelum Pengisian 2 .....	59
Gambar 4.24 Kondisi Baterai Setelah Pengisian 2 .....	59
Gambar 4.25 Kondisi Tegangan AC Adaptor .....	59
Gambar 4.26 Grafik Hasil Pengujian Pengisian Baterai Menggunakan Modul Sel Surya .....	60
Gambar 4.27 Grafik Tegangan Yang Diberikan Modul Sel Surya .....	60
Gambar 4.28 Grafik Arus Yang Diberikan Modul Sel Surya .....	60

<b>Gambar 4.29 Grafik Daya Yang Dihasilkan Modul Sel Surya .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.30 Grafik Hasil Pengujian Pengisian Baterai Menggunakan AC Adaptor .....</b>	<b>62</b>
.....	
<b>Gambar 4.31 Hasil Pengujian Tegangan Modul Sel Surya .....</b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.32 Hasil Pengujian Arus Modul Sel Surya .....</b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.33 Kurva Tegangan Modul Sel Surya .....</b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.34 Kurva Arus Modul Sel Surya.....</b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4.35 Kurva Daya Modul Sel Surya .....</b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4.36 Hasil Akhir Integrasi Sistem (1) .....</b>	<b>68</b>
<b>Gambar 4.37 Hasil Akhir Integrasi Sistem (2) .....</b>	<b>68</b>
<b>Gambar 5.1 Grafik Hasil Implementasi Spesifikasi 4 .....</b>	<b>71</b>
<b>Gambar 5.2 Skematik Sistem Monitoring Proteus.....</b>	<b>72</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Potensial Standar Elektrode [15].....	3
Tabel 1.2 Perbandingan Baterai Logam-udara [18] .....	5
Tabel 3.1 Rincian Diagram Blok Level 0.....	12
Tabel 3.2 Rincian Diagram Blok Baterai Aluminium Level 1.....	13
Tabel 3.3 Blok Diagram Sistem Level 2.....	14
Tabel 3.4 Unit Proses.....	15
Tabel 3.5 Pemilihan Jenis Bahan Casing Baterai.....	18
Tabel 3.6 Pemilihan Bentuk Casing Baterai.....	18
Tabel 3.7 Pemilihan Komponen Sensor Tegangan.....	19
Tabel 3.8 Pemilihan Komponen Sensor Arus.....	19
Tabel 3.9 Pemilihan Komponen Mikrokontroler.....	20
Tabel 3.10 Pemilihan Komponen Display.....	21
Tabel 3.11 Pemilihan Komponen Jenis Modul Sel Surya.....	21
Tabel 3.12 Rangkuman Hasil Pemilihan Komponen.....	22
Tabel 3.13 Timeline dan Pembagian Kerja Anggota Tim.....	26
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Bahan Sub-sistem 1.....	33
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kestabilan Baterai.....	37
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ketahanan Baterai.....	38
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan 1.....	41
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan 2.....	44
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sensor Arus 1.....	46
Tabel 4.7 Hasil Kalibrasi Sensor Arus 2.....	48
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pengosongan Baterai.....	53
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengisian Baterai Menggunakan Modul Sel Surya.....	59
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Pengisian Baterai Menggunakan AC Adaptor.....	61
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Modul Sel Surya.....	64
Tabel 4.12 Kurva hasil pengisian.....	65
Tabel 4.13 Analisis Pengerjaan Implementasi Sistem.....	67
Tabel 5.1 Hasil Implementasi Spesifikasi 1.....	69
Tabel 5.2 Hasil Implementasi Spesifikasi 2.....	70
Tabel 5.3 Hasil Implementasi Spesifikasi 3.....	72
Tabel 5.4 Hasil Implementasi Spesifikasi 4.....	73

## ABSTRAK

Kebutuhan listrik pada masyarakat semakin hari semakin meningkat hal ini juga didukung karena perkembangan teknologi yang semakin pesat. Meningkatnya kebutuhan listrik masyarakat tersebut membuat peluang yang sangat besar dalam pengembangan energi terbarukan dan juga baterai yang berfungsi sebagai sarana penyimpanan energi listrik. Penelitian ini memfokuskan pada pengembangan baterai, yaitu baterai dengan bahan utama aluminium. Baterai aluminium menjadi subjek penelitian yang sangat menarik untuk dikembangkan karena bahan aluminium sangat mudah untuk didapatkan. Bahkan bahan aluminium dapat didaur ulang sehingga dapat dikatakan ramah lingkungan. Bahan aluminium juga bisa terbilang murah sehingga dapat menekan biaya produksi pada baterai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kinerja baterai yang menggunakan bahan aluminium sebagai alternatif potensial dalam penyimpanan energi listrik. Secara teori, bahan aluminium sebagai anoda memiliki kepadatan energi sebesar  $8,1 \text{ kWh Kg}^{-1}$  dan dapat digunakan dalam jangka waktu panjang, serta baterai ini juga dapat terintegrasi dengan modul sel surya untuk memanfaatkan sumber energi surya. Metode penelitian meliputi sintesis dan karakterisasi bahan elektrokimia, pengujian kinerja sel baterai, dan analisis data. Percobaan dilakukan untuk mengukur kapasitas, efisiensi, dan stabilitas baterai aluminium dalam berbagai kondisi penggunaan. Selain itu, aspek teknis seperti korosi aluminium, stabilitas elektrode, dan potensi penerapan baterai ini dalam situasi nyata juga dipertimbangkan dalam penelitian ini.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah baterai aluminium mampu menjadi alternatif penyimpanan energi listrik untuk dapat digunakan kedepannya. Baterai aluminium bisa dikatakan alternatif potensial dalam penyimpanan energi Listrik, tegangan yang dihasilkan pada 1 sel baterai aluminium adalah  $0,538 \text{ V}$  dengan konsentrasi  $\text{NaCl } 1\text{M}$ , memiliki kapasitas sebesar  $2.576 \text{ mAh}$  untuk 1 modul baterai yang terdiri dari 24 sel baterai aluminium dan terintegrasi oleh modul sel surya yang digunakan untuk pengisian ulang baterai. Baterai aluminium juga dapat menjadi solusi bagi permasalahan tingginya biaya produksi pada baterai, karena bahan aluminium sangat mudah untuk didapatkan, ramah lingkungan, dan biaya produksi relatif rendah. Baterai aluminium ini bisa dimanfaatkan untuk berbagai hal untuk memenuhi kebutuhan listrik pada masyarakat.

Kata Kunci: Baterai aluminium, modul sel surya, alternatif penyimpanan, ramah lingkungan.



## ABSTRACT

The demand for electricity in the community is increasing day by day, this is also supported by the rapid development of technology. The increasing demand for electricity from the community makes a huge opportunity in the development of renewable energy and also batteries that function as a means of storing electrical energy. This research focuses on the development of batteries, namely batteries with aluminum as the main material. Aluminum batteries are a very interesting research subject to develop because aluminum materials are very easy to obtain. Even aluminum materials can be recycled so they can be said to be environmentally friendly. Aluminum material can also be fairly cheap so that it can reduce production costs on batteries.

This research aims to develop the performance of batteries that use aluminum as a potential alternative in electrical energy storage. In theory, aluminum material as an anode has an energy density of  $8.1 \text{ kWh K, g}^{-1}$ . and can be used for a long time, and this battery can also be integrated with solar cell modules to utilize solar energy sources. Research methods include synthesis and characterization of electrochemical materials, battery cell performance testing, and data analysis. Experiments were conducted to measure the capacity, efficiency, and stability of aluminum batteries under various conditions of use. In addition, technical aspects such as aluminum corrosion, electrode stability, and the potential application of these batteries in real-life situations were also considered in this study.

The results obtained from this study are that aluminum batteries are able to be an alternative to electrical energy storage to be used in the future. Aluminum batteries can be said to be a potential alternative in electricity energy storage, the voltage generated in 1 aluminum battery cell is  $0.538 \text{ V}$  with a concentration of  $\text{NaCl } 1\text{M}$ , has a capacity of  $2,576 \text{ mAh}$  for 1 battery module consisting of 24 aluminum battery cells and is integrated by a solar cell module used for battery recharging. Aluminum batteries can also be a solution to the problem of high production costs in batteries, because aluminum materials are very easy to obtain, environmentally friendly, and relatively low production costs. This aluminum battery can be used for various things to meet the electricity needs of the community.

Keywords: Aluminum batteries, solar cell modules, storage alternatives, environmentally friendly.

# BAB 1

## ANALISIS KEBUTUHAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan zaman di era digital saat ini sangat pesat dan tidak bisa terprediksi, efek dari pertumbuhan teknologi ini adalah kebutuhan energi listrik yang sangat besar dan harus terpenuhi [1]. Salah satu efek dari sekian banyak perkembangan teknologi adalah kebutuhan masyarakat pada penggunaan listrik dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Penggunaan listrik terhadap kebutuhan manusia pada saat ini tidak bisa dipisahkan. Listrik menjadi kebutuhan pokok bagi banyak kegiatan manusia pada kota-kota besar maupun pada daerah-daerah yang belum bisa terjangkau oleh PLN seperti daerah 3T (tertinggal, terjauh, termiskin), kebutuhan listrik semakin hari semakin meningkat yang didukung juga dengan perkembangan pada bidang transportasi yang beralih dari kendaraan yang menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi kendaraan listrik [2][3] hal ini dikarenakan oleh menipisnya cadangan minyak bumi dan juga timbulnya permasalahan polusi akibat gas emisi yang mencemari lingkungan dan menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan [4]. Akibat dari kebutuhan listrik yang meningkat dan adanya permasalahan mengenai bahan bakar fosil tersebut yang memicu perkembangan pada berbagai bidang teknologi, seperti pembangkit listrik yang beralih dari penggunaan bahan bakar diesel menjadi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi terbarukan. Terutama pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya, tenaga surya dapat menjadi opsi pemanfaatan energi terbarukan yang tepat. Tidak hanya karena sumber energi matahari yang tidak ada habisnya tetapi juga karena pengaplikasian dan penggunaannya yang mudah dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya [5]. Selain dari pengembangan pembangkit listrik, pengembangan terhadap perangkat penyimpanan listrik juga berpotensi sangat besar, yaitu baterai.

Akan tetapi, bahan baterai yang sudah banyak digunakan merupakan baterai berbahan lithium [3], dimana lithium merupakan bahan yang sulit di dapatkan di Indonesia [6]. Namun, kebanyakan bahan lithium harus diimpor dari luar negeri, dan juga memiliki harga yang cukup tinggi sehingga membutuhkan dana yang besar jika ingin diperbanyak untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat [7][8]. Dengan adanya inovasi baterai aluminium yang memiliki bahan dasar aluminium dapat menekan dana dan dapat diproduksi secara skala besar karena bahan aluminium mudah didapatkan di dalam negeri dan juga memiliki harga yang relatif murah. Selain itu bahan aluminium juga bisa dikatakan sebagai bahan baku baterai yang ramah

lingkungan karena dapat didaur ulang sehingga kecil kemungkinan dalam pencemaran lingkungan [9].

## **1.2 Informasi Pendukung**

Pengembangan PLTS di Indonesia sangatlah besar. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki lebih dari 200 bendungan dengan luas kurang lebih 108.183 hektar [10] dan juga berdasarkan Permen PUPR No.6 tahun 2020 pasal 105 dimana pemanfaatan waduk hanya dapat dilakukan untuk kegiatan pariwisata, kegiatan olahraga, budidaya perikanan dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya [11] dan didukung dengan adanya Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017 tentang target Indonesia terhadap bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% di 2025 [10]. Untuk sekarang sudah ada pemanfaatan waduk atau bendungan untuk kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang besar di Indonesia, yaitu PLTS terapung Cirata.

Selain dari pengembangan pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan, perkembangan teknologi pada transportasi juga meningkat pesat di Indonesia. Menurut survei PwC, ada 78% responden Indonesia yang memiliki minat dalam membeli kendaraan listrik pada masa mendatang. Peningkatan minat masyarakat Indonesia terhadap kendaraan listrik juga dapat dilihat dari penjualan Battery Electric Vehicle (BEV) yang sebelumnya 64 unit pada 2021 menjadi 125 unit pada 2022 [2]. Bahkan pemerintah telah mengungkapkan kesiapannya dalam memasuki era kendaraan listrik dan telah menargetkan produksi Battery Electric Vehicle (BEV) yang dapat mencapai 600 ribu unit untuk kendaraan roda 4 atau 2,45 juta untuk kendaraan roda 2 pada tahun 2030 [12].

Terlepas dari minat masyarakat Indonesia terhadap kendaraan listrik yang telah disebutkan, bahan aluminium merupakan bahan yang mudah didapat di Indonesia dan memiliki cadangan yang lebih banyak serta harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan lithium [13]. Bahan lain untuk baterai aluminium yaitu berupa tembaga yang digunakan sebagai katode, bahan tembaga memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan aluminium, maka dari itu elektron bergerak dari aluminium menuju tembaga [14].

Reaksi reduksi	$E^{\circ}_{sel}$
$\text{Li}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$\text{Na}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{s})$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{s})$	-0,40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s})$	-0,23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+(\text{aq})$	0,16
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Cu}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	0,52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{aq})$	0,54
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0,77
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	0,85
$2\text{Hg}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}_2(\text{aq})$	0,90
$\text{Br}_2(\ell) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1,07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,23
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,36
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\ell)$	1,78
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	2,01
$\text{F}_2(\text{g}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

Gambar 1.1 Potensial Reduksi

Tabel 1.1 Potensial Standar Elektrode [15]

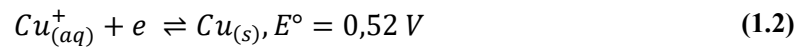
Reaksi	$E^{\circ}_{sel}$ (V)
$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$	-2,328
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,401

Sel volta merupakan terbentuknya aliran listrik dari reaksi kimia spontan yang merupakan reaksi redoks (reduksi dan oksidasi). Dalam reaksi redoks, terdapat nilai potensial sel yang memudahkan perhitungan setengah reaksi. Nilai ini, yang dalam fisika sering disebut Gaya Gerak Listrik (GGL), adalah karakteristik yang dimiliki oleh sel tersebut. Umumnya, elektrode yang mengalami reduksi (katode) memiliki nilai potensial sel yang positif. Sebaliknya,

elektrode yang mengalami oksidasi (anode) biasanya memiliki nilai potensial sel yang negatif. Nilai potensial sel volta diperoleh dari selisih antara potensial sel katode dan anode [16].

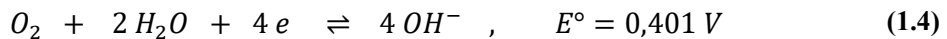
$$E^{\circ} = E^{\circ}(\text{katode}) - E^{\circ}(\text{anode}) \quad (1.1)$$

Nilai  $E^{\circ}$  sel menunjukkan kecenderungan suatu zat untuk berperan sebagai agen reduktor atau oksidator. Jika nilai  $E^{\circ}$  sel negatif, zat tersebut cenderung kuat sebagai agen oksidator. Sebaliknya, jika nilai  $E^{\circ}$  sel positif, zat tersebut cenderung kuat sebagai agen reduktor. Baterai aluminium menghasilkan energi listrik melalui reaksi elektrokimia, yaitu reduksi dan oksidasi.



Pada anode, aluminium akan mengalami oksidasi. Sementara itu, pada katode akan terjadi reduksi. Hal ini dikarenakan nilai potensial standar reduksi dari aluminium (-1,66 V) lebih kecil daripada nilai potensial standar reduksi tembaga (0,34 V), sehingga elektrode yang memiliki nilai potensial lebih kecil akan terjadi oksidasi, begitu pun sebaliknya, elektrode yang memiliki nilai potensial lebih besar akan mengalami reduksi [17]. Maka reaksi dari masing-masing elektrode (tabel 1.1) pada 1 sel baterai aluminium :

#### **Katode (reduksi)**



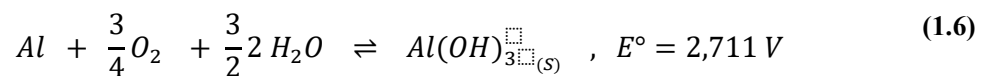
Pada sisi tembaga, oksigen tereduksi oleh tembaga dengan elektron yang didapat dari saluran eksternal setelah melewati beban, reaksi ini akan menghasilkan produk berupa Hidroksida ( $OH^{-}$ ).

#### **Anode (oksidasi)**



Pada sisi aluminium, aluminium yang bereaksi dengan Hidroksida ( $OH^{-}$ ) akan menghasilkan produk Aluminium Hidroksida,  $Al(OH)_3$  dan melepaskan elektron.

#### **Reaksi keseluruhan**



Pada reaksi keseluruhan, terlihat bahwa tembaga tidak berpartisipasi langsung terhadap reaksi kimia pada sel baterai, tembaga hanya berperan untuk mereduksi oksigen yang terlarut

dalam elektrolit, reaksi ini bisa disebut *dissolve Oxygen* [16] . Dalam memilih bahan untuk anode dan katode, perlu diperhatikan sifat kimia, reaktivitas elektrokimia, serta kemampuan untuk menjalani siklus pengisian ulang tanpa mengalami penurunan kualitas yang signifikan. Secara teori baterai aluminium dapat menghasilkan tegangan sebesar 2,7 V untuk 1 sel.

**Tabel 1.2 Perbandingan Baterai Logam-udara [18]**

Jenis Baterai	Tegangan Teori (V)	Kapasitas Teori(Ah Kg <sup>-1</sup> )	Densitas Energi Teori (kWh Kg <sup>-1</sup> )	Practical Operating Voltage(V)
Li-air	3,4	1170	13	2,4
Zn-air	1,6	658	1,3	1,0 – 1,2
Mg-air	3,1	920	6,8	1,2 – 1,4
Na-air	2,3	687	1,6	2,3
Al-air	2,7	1030	8,1	1,2 – 1,6

Beberapa parameter penting pada baterai yang dapat diukur, diantaranya adalah tegangan yang dihasilkan pada sel baterai, tegangan menunjukkan nilai beda potensial antara terminal positif dan negatif. Tegangan biasanya diukur dalam satuan volt (V). yang kedua adalah dimensi baterai, dimensi merupakan parameter penting pada sebuah baterai untuk memastikan baterai cocok dengan perangkat yang digunakan. Dimensi baterai umumnya terdiri dari tinggi, Panjang, dan lebar baterai yang terukur dalam milimeter (mm) atau sentimeter (cm). kemudian kapasitas baterai, kapasitas merupakan parameter penting pada baterai. Kapasitas digunakan untuk mengukur energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Biasanya kapasitas dinyatakan dalam satuan ampere-jam (Ah) atau milliampere-jam (mAh).

### 1.3 Constraint

NO	Aspek	Penjelasan terkait aspek
----	-------	--------------------------

1	Ekonomi	Sesuai harga yang ada dipasaran bahwa bahan dasar aluminium masih lebih murah dibandingkan bahan dasar lithium.
2	Manufakturabilitas	Produksi baterai aluminium memiliki tingkat kesulitan yang berbeda dengan baterai berbahan dasar lithium. Hanya saja bahan dasar aluminium lebih mudah didapatkan, sehingga dapat mempermudah produksi tersebut.
3	Keberlanjutan	Negara Indonesia memiliki tambang aluminium yang mencukupi untuk dikembangkannya baterai berbahan dasar aluminium, dan juga Indonesia memiliki potensi yang tinggi dalam memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber penghasil listrik.
4	Lingkungan	Baterai berbahan aluminium lebih ramah lingkungan dikarenakan hasil dari bahan dasar tersebut dapat didaur ulang.

#### 1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan yang ada adalah sebagai berikut:

1. Baterai berbahan aluminium.
2. Baterai dapat memiliki tegangan yang stabil.
3. Dapat menampilkan informasi baterai (Tegangan, Arus dan Daya).
4. Baterai aluminium terintegrasi dengan modul sel surya.

#### 1.5 Tujuan

Penelitian *Capstone Design* ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan baterai dengan harga yang lebih terjangkau, sesuai dengan penjelasan yang ada pada bagian latar belakang dimana baterai ini memiliki bahan pokok berupa aluminium dan dapat memiliki tegangan yang stabil saat proses pengeluaran energi listrik serta dapat menampilkan informasi baterai berupa jumlah tegangan, arus, dan daya. Baterai juga dapat terintegrasi dengan modul sel surya.