

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°_{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
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{s})$	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
$\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Hg}(\ell)$	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]

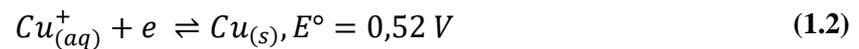
Reaksi	E°_{sel} (V)
$\text{Al}(\text{OH})_3^{\ominus} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$	-2,328
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,401

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].

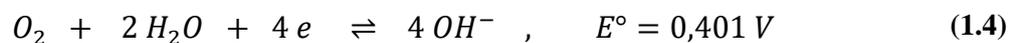
$$E^{\circ} = E^{\circ}(\text{katode}) - E^{\circ}(\text{anode}) \quad (1.1)$$

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



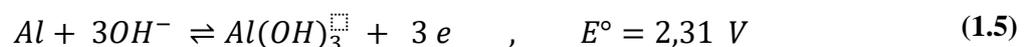
Pada anode, aluminium akan mengalami oksidasi. Sementara itu, pada katode akan terjadi reduksi. Hal ini dikarenakan nilai potensial standar reduksi dari aluminium (-1,66 V) lebih kecil daripada nilai potensial standar reduksi tembaga (0,34 V), sehingga elektrode yang memiliki nilai potensial lebih kecil 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)



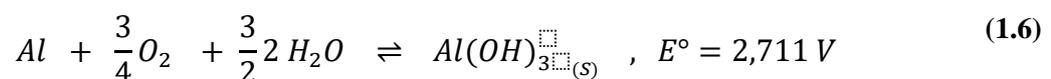
Pada sisi tembaga, oksigen tereduksi oleh tembaga dengan elektron yang didapat dari saluran eksternal setelah melewati beban, reaksi ini akan menghasilkan produk berupa Hidroksida (OH^{-}).

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 ⁻¹)	Densitas Energi Teori (kWh Kg ⁻¹)	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.