

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan baterai konvensional telah menyebabkan dampak negatif serius terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Baterai tradisional, yang mengandung bahan berbahaya seperti timbal, kadmium, dan merkuri, dapat mencemari tanah dan air, menghasilkan emisi gas beracun selama produksi dan pembuangan limbah, dan menyebabkan kerusakan ekosistem serta masalah kesehatan seperti gangguan saraf dan pernapasan.

Baterai konvensional juga memberikan ancaman terhadap sumber daya alam, dengan pengambilan bahan baku yang merusak habitat alami dan keanekaragaman hayati. Selain itu, limbah baterai yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari tanah pertanian dan sumber air, mengakibatkan kontaminasi makanan dan air minum.

Penelitian tentang baterai aluminium-udara menjadi kandidat untuk integrasi sumber energi terbarukan. Baterai aluminium-udara sebagai alternatif untuk penyimpanan energi listrik karena harga yang murah dan memiliki kapasitas teoritis yang tinggi. Aluminium termasuk bahan yang murah, melimpah dan logam yang ramah lingkungan karena dapat didaur ulang[1].

Prinsip kerja baterai udara adalah mengambil sebagian udara sekitar yang kontak langsung dengan katoda karbon aktif sehingga molekul-molekul udara tersebut akan bercampur dengan cairan elektrolit pada baterai dan menghasilkan tegangan dan arus listrik setelah katoda terhubung dengan anoda menggunakan aluminium foil [2]. Baterai Aluminium udara menghasilkan energi listrik dari proses elektrokimia. Elektroda positif (katoda) dibuat untuk menyerap oksigen di udara, elektroda positif (katoda) ini di namakan katoda udara. Baterai aluminium udara terdiri dari aluminium sebagai anoda, material karbon sebagai lapisan katoda udara (katoda) dan larutan elektrolit. Katoda udara tersusun atas material karbon berpori, binder, current collector dan katalis[2].

Dalam penelitian ini diberikan perhatian khusus pada baterai udara dengan bahan elektrolit air alkali. Penggunaan baterai menggunakan aluminium, dengan elektrolit air laut atau air garam dan karbon aktif dapat menghasilkan baterai sederhana yang cukup kuat untuk menyalakan lamp. Dalam penelitian ini juga akan dilakukan analisis untuk mendapatkan elektrolit yang sesuai dengan membandingkan hasil elektrolisis air garam dan air laut.

Sebagai solusi potensial, baterai aluminium udara muncul sebagai alternatif ramah lingkungan. Dengan menggunakan aluminium sebagai anoda dan mengambil oksigen dari udara sebagai katoda, baterai ini tidak mengandung logam berat berbahaya. Dengan demikian, baterai aluminium udara dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, memiliki potensi daur ulang yang tinggi, serta menghasilkan sedikit atau bahkan tidak ada emisi gas beracun selama produksi dan penggunaannya. Dengan adopsi teknologi ini, kita dapat bergerak menuju solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam penggunaan sumber energi portabel.

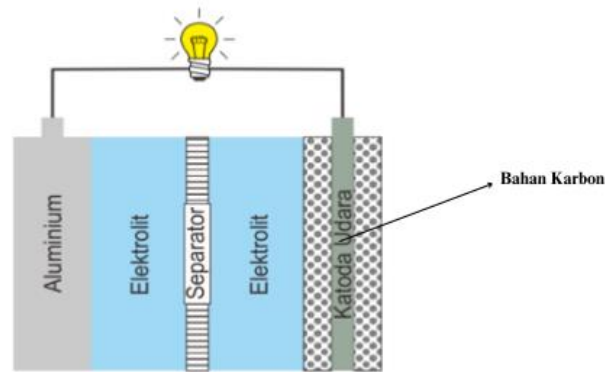
1.2 Informasi Pendukung

Baterai aluminium udara memiliki berbagai kelebihan yakni biaya rendah, nilai kapasitas spesifik teoritis tinggi dengan nilai tertinggi kedua setelah lithium serta jauh lebih tinggi daripada magnesium dan seng. Selain itu, aluminium murah, berlimpah dan logam ramah lingkungan dengan daur ulang tinggi. Baterai aluminium udara memiliki tegangan teoritis dan densitas energi yang tinggi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.1 [3].

Tabel 1. 1 Baterai Logam Udara [4]

Batteries Theoretical	Voltage (V)	Capacity (Ah/kg)	Theoretical energy density (kWh/kg)	Practical operating voltage (V)
Li-air	3.4	1170	13.0	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

Baterai aluminium-udara terdiri dari logam aluminium sebagai anoda, katoda udara, separator dan larutan elektrolit. Baterai aluminium-udara menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi elektrokimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi [1].

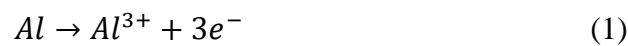


Gambar 1. 1 Struktur baterai alumunium udara

Gambar 1.1 secara skematik menggambarkan struktur dasar dari baterai Alumunium Udara, yang terdiri dari anoda aluminium, katoda udara, dan elektrolit yang sesuai, yang biasanya terdiri dari larutan natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), atau natrium klorida (NaCl), Reaksi elektrokimia pada elektroda dapat dijelaskan sebagai berikut: [4]

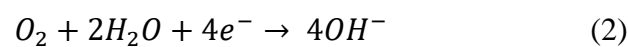
Pada Alumunium (Al) mengalami oksidasi, melepaskan elektron dan membentuk ion alumunium Al^{3+} ,

Anoda:



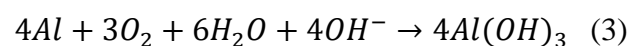
sedangkan pada katoda oksigen (O_2) dari udara bereaksi dengan air (H_2O) dan elektron yang diterima dari sirkuit eksternal untuk membentuk ion hidroksida (OH^{-}),

Katoda Udara:



ion alumunium Al^{3+} dari anoda bereaksi dengan ion hidroksida (OH^{-}) dari katoda untuk membentuk alumunium hidroksida $Al(OH)_3$,

Reaksi Keseluruhan:



Pada katoda membentuk hidroksida (OH^{-}) di area dekat elektroda, maka dari itu arus akan menurun seiring dengan waktu karena larutan yang berada di anoda akan kehabisan oksigen tetapi tegangan tetap konstan karena dipengaruhi oleh elektronegativitas logam yang tidak berubah[5].

Tabel 1. 2 reaksi sel[4]

Reaksi sel	Eo (Volt)
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$	-2.35 V
$O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$	0.40 V
$4Al + 3O_2 + 6H_2O + 4OH^{-} \rightarrow 4Al(OH)_3$	2.75 V

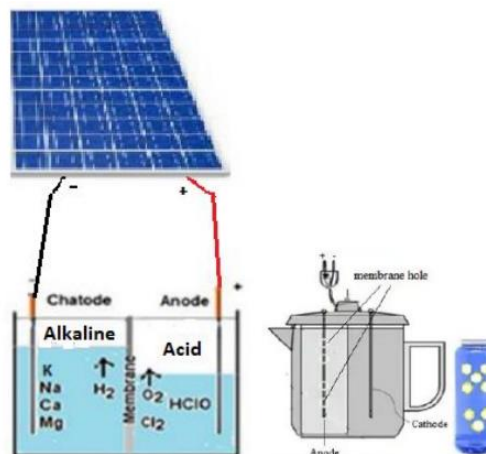
Pada tabel 1.2 merupakan potensial elektroda standar yang dihasilkan dari tiap reaksi. Secara alami, aluminium murni telah dipilih sebagai bahan anoda untuk baterai Al-udara karena sifat elektrokimianya yang sangat baik. Secara termodinamika, anoda aluminium murni menunjukkan potensi sebesar 1,66 V (vs. Hg/HgO) dalam larutan garam dan 2,35 V (vs. Hg/HgO) dalam larutan air[4]. Nilai-nilai yang didapat pada reaksi yang terjadi di anoda dan katoda dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E^{\circ}_{sel} = E^{\circ}_{katoda} - E^{\circ}_{anoda}$$

Jadi,

$$E^{\circ}_{sel} = 0.40 V - (-2.35 V) = 0.40 V + 2.35 V = 2.75 V$$

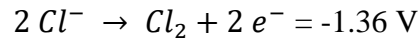
Maka tegangan ideal dari baterai aluminium udara adalah 2.75 V

**Gambar 1. 2 Proses Elektrolisis menggunakan Modul Sel Surya**

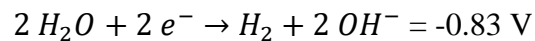
Pada gambar 1.2 yaitu proses elektrolisis larutan menggunakan modul sel surya. Pada bagian anoda (Positif) akan menghasilkan asam karena dalam proses elektrolisis anoda mengalami oksidasi, sedangkan pada bagian katoda (Negatif) menghasilkan basa / alkaline karena dalam proses elektrolisis katoda mengalami reduksi. Ketika larutan dielektrolisis maka

persamaan reaksi pada baterai aluminium udara berubah. Larutan garam sebagai media ionik untuk reaksi, maka reaksi elektrokimia yang terjadi melibatkan elektrolisis dari larutan garam.

Reaksi Anoda (Oksidasi Aluminium):

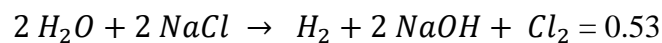


Reaksi Katoda (Reduksi Oksigen):

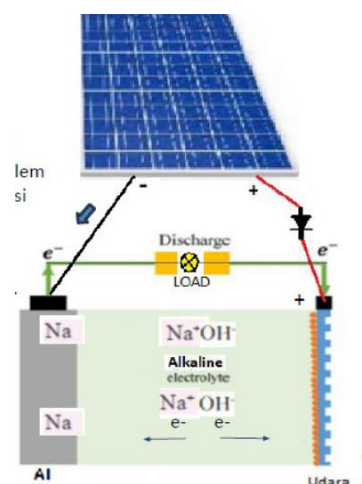
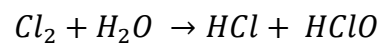


Ketika jumlah elektron yang berada di kedua reaksi sudah sama yaitu 2 elektron maka bisa langsung menggabungkan kedua reaksi tersebut untuk mendapatkan reaksi keseluruhan.

Reaksi Keseluruhan:



Reaksi elektrolisis larutan garam menghasilkan gelembung gas H_2 di katoda dapat dilihat dari larutan berwarna merah muda yang terbentuk akibat adanya spesi basa NaOH . Sedangkan terbentuknya gas Cl_2 dapat dilihat dari adanya warna hijau di sekitaran anoda. Gas klorin (Cl_2) yang terbentuk di anoda dapat bereaksi dengan air untuk membentuk asam klorida (HCl) dan asam hipoklorit (HClO) dengan reaksi:



Gambar 1. 3 Hasil ketika sudah dielektrolisis

Pada gambar 1.3 ketika larutan NaCl dielektrolisis maka berubah menjadi air alkali NaOH (basa), terbentuknya $NaOH$ dari ion OH^- yang dihasilkan dari proses elektrolisis dengan ion Na^+ yang ada disekitar katoda.

1.3 Constraint

Tabel 1.3 merupakan tabel constraint yang berisikan batasan.

Tabel 1. 3 Constraint

No	Aspek	Penjelasan terkait aspek
1	Ekonomi	Dikarenakan bahan baku utama yaitu alumunium melimpah dan relatif murah membuat baterai alumunium udara memiliki biaya yang murah/terjangkau yaitu sekitar Rp500.000,00 sampai Rp1.500.000.000.
2	Spesifikasi	Baterai alumunium udara dapat menghasilkan daya maksimum sebesar 32 miliwatt.
3	Lingkungan	Komponen baterai alumunium udara dapat di daur ulang, seperti alumunium dapat dimurnikan agar dapat digunakan dalam pembuatan anoda baterai baru, Larutan elektrolit yang telah digunakan dapat didaur ulang atau diproses untuk menghilangkan kontaminan dan mengembalikan komposisi kimianya untuk digunakan ulang dalam baterai baru.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

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

1. Produk (baterai alumunium udara) memiliki kemampuan untuk menghasilkan daya maksimum sebesar 32 miliwatt yang sanggup untuk menyalakan lampu LED merah.

2. Produk (Baterai alumunium udara) dapat dimonitoring dengan IoT untuk informasi tegangan, informasi arus, dan informasi daya.

3. Produk (baterai alumunium udara) memiliki kemampuan tahan terhadap korosi karena baterai alumunium udara rentan terhadap korosi pada anoda alumunium karena reaksi kimia yang terjadi selama pengisian dan pengosongan baterai. Hal ini dapat mengurangi umur pakai baterai.

4. Komponen Produk (baterai alumunium udara) dapat didaur ulang untuk meminimalkan dampak lingkungan dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya seperti alumunium yang telah dibersihkan/dimurnikan dapat digunakan kembali dalam baterai baru.

5. Produk (baterai alumunium udara) ditambahkan modul sel surya pada baterai bertujuan untuk pengisian daya dan pengurangan korosi. Sistem ini dirancang agar modul sel surya dapat mengisi daya baterai alumunium udara secara efisien dan diharapkan dapat mengurangi tingkat korosi pada elektroda alumunium.

1.5 Tujuan

Penelitian Capstone desain ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan baterai alumunium udara sebagai solusi penyimpanan energi. Fokus utama penelitian ini adalah menilai efisiensi dan keandalan dalam penggunaan baterai alumunium udara sebagai alternatif penyimpanan energi. Dengan memusatkan perhatian pada teknologi baterai ini, penelitian bertujuan untuk membuktikan bahwa pengimplementasian baterai alumunium udara secara efektif dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, memiliki potensi daur ulang yang tinggi, serta menghasilkan sedikit atau bahkan tidak ada emisi gas beracun selama produksi dan penggunaannya.