

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Pemanfaatan Recast Limbah Aluminium Anoda Dan Limbah Zinc Anoda Sebagai Bahan Anoda Tumbal”. Bab 2 ini meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya : aluminium, pengecoran, korosi, dan penelitian terdahulu

2.1 Aluminium

Aluminium ditemukan oleh sir humphrey davy dalam tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam secara industri tahun 1886 oleh paul heroult diperancis dan C.M .Hall di Amerika serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Hall Heroult masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi diantara logam nin fero. Produksi aluminium tahunan didunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981 (Surdia, 1999).

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb (Surdia, 1999).

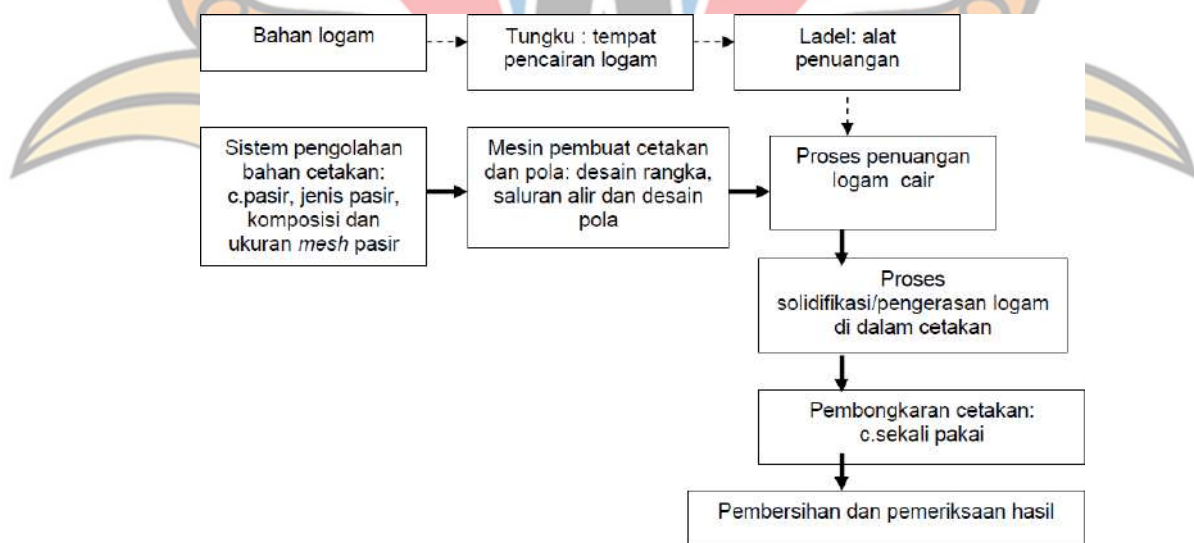
2.2 Pengecoran

Proses pengecoran logam atau *casting* adalah proses menuangkan logam cair ke dalam cetakan pola / *mould* yang akan menghasilkan produk coran, jika setelah

dingin dan mengeras di dalam cetakan yang kemudian dilakukan pembongkaran cetakan. Untuk menghasilkan produk coran yang berkualitas maka diperlukan teknik desain dan pemahaman sifat logam pada fase cair serta praktek pengecoran. Aspek teknis mendasar yang perlu dipelajari adalah solidifikasi logam, perpindahan panas logam ke dinding cetakan dan aliran logam cair menuju ronggapola yang sekaligus faktor sangat berpengaruh terhadap kualitas produk coran (Marsyahyo, 2009).

Proses pengecoran tidak hanya digunakan untuk bahan-bahan logam tetapi juga bisa diterapkan pada bahan-bahan non logam yakni plastik, keramik, dan kaca. Produk coran banyak ditemukan pada komponen-komponen otomotif seperti blok silinder, piston, rumah alternator, *pulley*, *manifold* gas buang, karburator, drum rem, silinder rem rumah transmisi dan lain-lain. Proses pengecoran khususnya untuk material logam memiliki langkah – langkah yang ditunjukkan pada gambar 2.1.

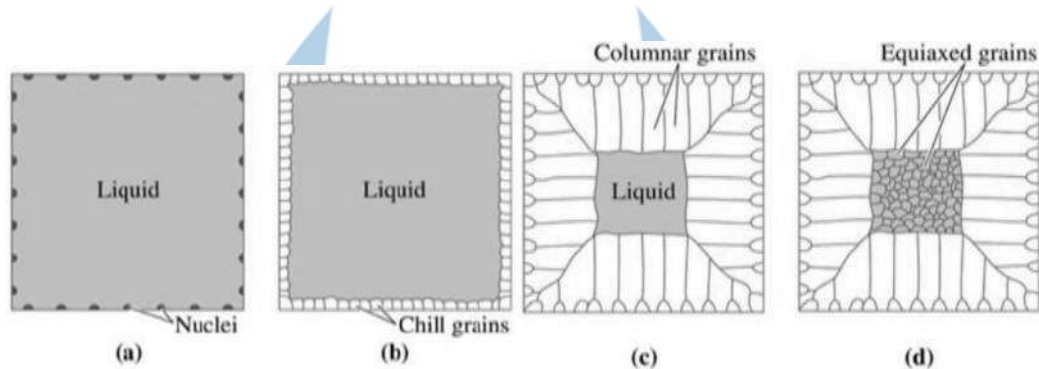
(Marsyahyo, 2009)



Gambar 2.1 Langkah – Langkah Pengecoran Logam (Marsyahyo, 2009)

Proses pembekuan logam cair dimulai dari bagian logam cair yang bersentuhan dengan dinding cetakan, yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan sehingga bagian logam yang bersentuhan dengan cetakan itu mendingin sampai titik beku. Selama proses pembekuan berlangsung, inti-inti kristal tumbuh. Bagian dalam coran mendingin lebih lambat daripada bagian luarnya sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal, mengarah ke bagian dalam coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom. Struktur ini muncul

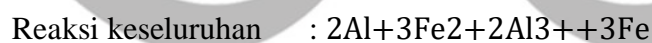
dengan jelas apabila gradien temperatur yang besar terjadi pada permukaan coran besar. Akibat adanya perbedaan kecepatan pembekuan, terbentuklah arah pembekuan yang disebut dendritik. Proses pembekuan logam cair diilustrasikan sebagaimana pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses pembekuan logam coran dalam cetakan (Marsyahyo, 2009)

2.3 Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Sebuah unsur besi (Fe) yang teroksidasi (melepas elektron) semakin lama akan menjadi rapuh atau bahkan habis. (Trethewey, 1991). Pada korosi dua logam terjadi reaksi oksidasi dan reduksi seperti berikut (Rahayu, 2009):



Dari reaksi tersebut, dapat dirumuskan jika terdapat dua specimen logam yang saling berkontak langsung yang berada di lingkungan luar dan juga mempunyai beda potensial yang dapat berbeda maka akan terbentuk daerah anoda dan katoda di kedua logam tersebut. Dapat dilihat didalam suatu reaksi aluminium yang mengalami reaksi oksidasi (pelepasan elektron) dan besi (Fe) mengalami reduksi (penerimaan elektron). Sedangkan faktor utama yang menjadi penyebab laju korosi pada logam antara lain keberadaan zat pengotor dan terdapat penyebab lain yaitu sebagai berikut (Widharto, 2001).

1. Elektrolit.

2. Temperatur.
3. PH.
4. Mikroba.
5. Kontak langsung dengan air dan oksigen

www.itk.ac.id

2.4 Lingkungan Korosi

Ada beberapa pengaruh lingkungan korosi secara umum, yaitu sebagai berikut (Nova dan Nurul, 2012):

1. Lingkungan air. Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam.
2. Lingkungan udara. Temperatur, kelembaban relatif, partikel - partikel abrasif, dan ion - ion agresif yang terkandung dalam udara sekitar sangat mempengaruhi laju korosi.
3. Lingkungan asam, basa, dan garam. Pada lingkungan air laut, dengan konsentrasi NaCl atau jenis garam - garam lain seperti KCl bervariasi akan menyebabkan laju korosi logam cepat.

2.5 Korosi Pada Media Air Laut

Korosi yang terjadi di lingkungan air laut di dorong oleh faktor-faktor kadar gas dalam air laut (aerosols), hujan (rain), embun (dew), kondensasi, tingkat kelembaban, dan resistivitas. Secara alami lingkungan air laut mengandung ion klorida dengan kombinasi tingginya penguapan dan persentase oksigen yang terkandung turut memperparah korosi karena air laut. Korosi pada air laut sangat tergantung pada: (Benjamin D, 2006)

1. Kadar Klorida
2. PH
3. Kadar Oksigen
4. Temperatur

2.6 Sand Casting

Pengecoran sand casting adalah proses pengecoran logam untuk membuat suatu benda kerja atau komponen dengan metode penuangan logam cair kedalam

cetakan pasir. Pengecoran sand casting paling banyak digunakan dalam produksi pengecoran dikarenakan metode ini merupakan metode yang paling kuno tetapi mempunyai banyak keunggulan seperti (Fahrudin, 2015):

1. Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi seperti baja, nikel dan titanium.
2. Dapat memproduksi benda cor dengan dimensi dari yang ukuran kecil hingga ukuran besar serta panjang seperti pengecoran untuk pembuatan baling – baling kapal dan rel kereta api.
3. Dapat memproduksi banyak dengan cetakan yang banyak pula.
Pembuatan benda cor dengan metode sand casting harus dilakukan dengan banyak pertimbangan dan perencanaan yang baik untuk menghasilkan produk hasil pengecoran mempunyai kualitas yang baik dengan sedikit terjadi cacat.

2.6.1 Pasir Cetak

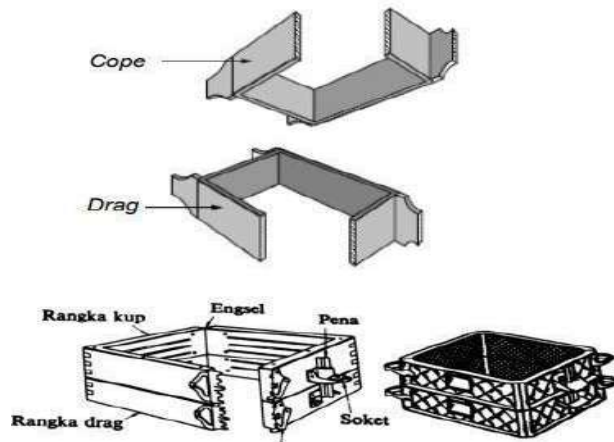
Pasir cetak adalah pasir khusus yang digunakan untuk membuat cetakan dalam proses sand casting. Banyak jenis pasir cetak yang dapat digunakan dalam proses pengecoran, antara lain pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika (Surdia dan Chijiwa, 1980). Surdia dan Chijiwa (1980) mengatakan syarat pasir yang bisa digunakan sebagai pasir cetak antara lain:

Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan yang kuat dan tidak mudah rusak ketika cetakan dipindah tempat dan menahan cairan logam yang dituang. Yaitu selain kuat pasir harus mampu dilalui gas yang terjebak dalam rongga cetakan sehingga tidak terjadi cacat coran. Butir pasir cetak yang bagus harus bisa menghasilkan permukaan benda cor yang halus dan mampu mengeluarkan gelembung udara yang terjebak dalam rongga cetakan. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Kandungan komposisi pasir sesuai yang dibutuhkan. Campuran yang ditambahkan dalam pasir tidak mengalami proses kimia saat cairan coran dituang Mampu dipakai kembali setelah digunakan.

2.6.2 Cetakan Pasir

Cetakan Pasir adalah cetakan yang terbuat dari bahan dasar berupa pasir dan

tanah lempung sebagai penguatnya. Cetakan pasir biasanya bisa dibuat dengan tangan, tetapi ada juga yang dibuat dengan mesin cetakan. Cetakan pasir terdiri dari dua macam yaitu cetakan atas (*cup*) dan cetakan bawah (*drag*) (Fahrudin, 2015).



Gambar 2.3 Rangka Cetak (Surdia dan Chijiwa, 1980)

Secara umum cetakan pasir harus memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut (Fahrudin, 2015):

1. *Cavity* (rongga cetakan), merupakan ruangan tempat logam cair yang dituangkan kedalam cetakan. Bentuk rongga ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.
 2. *Core* (inti), fungsinya adalah membuat rongga pada benda coran. Inti dibuat terpisah dengan cetakan dan dirakit pada saat cetakan akan digunakan. Bahan inti harus tahan terhadap temperatur cair logam dan biasanya paling sering dijumpai bahannya dari pasir.
 3. *Gating system* (sistem saluran masuk), merupakan saluran masuk kerongga cetakan dari saluran turun melalui saluran turun dasar, pengalir, dan *gate*.
 4. *Sprue* (Saluran turun), merupakan saluran pertama yang dilalui cairan logam dari cawang tuang kedalam pengalir dan saluran masuk.
 5. *Pouring cup*/basin, merupakan cekungan pada cetakan yang fungsi utamanya adalah untuk mengurangi kecepatan logam cair masuk langsung dari *ladle* ke *sprue*.
- Riser* (penambah), merupakan cadangan logam cair yang berguna dalam mengisi kembali rongga cetakan bila terjadi penyusutan akibat solidifikasi.

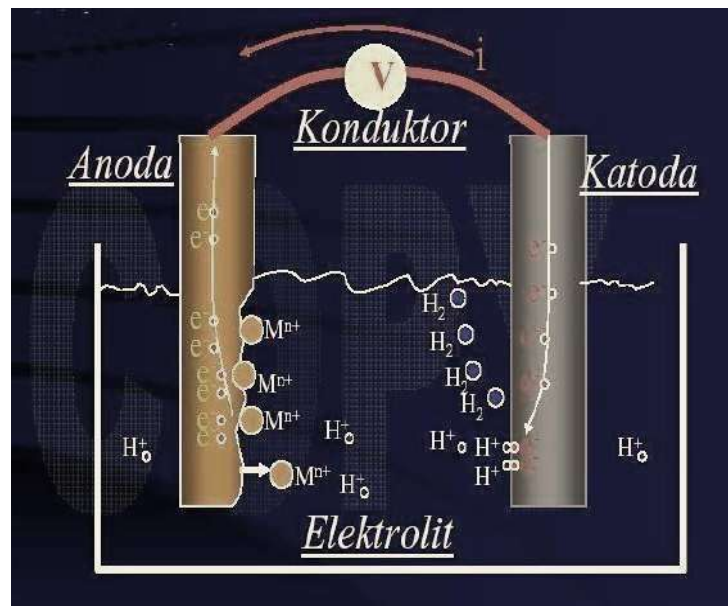
2.6.3 Pola Cetakan

Pola sangat diperlukan dalam pengecoran, dapat digolongkan menjadi pola logam maupun dan pola kayu (termasuk pola plastik). Pola logam dipergunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran terutama dalam masa produksi sehingga unsur pola bisa lebih lama dan produktivitas lebih tinggi. Hal pertama yang harus dilakukan pada pembuatan pola adalah mengubah gambaran perencanaan menjadi gambar untuk pengecoran. Dalam hal ini dipertimbangkan bagaimana membuat coran yang baik, bagaimana menurunkan biaya pembuatan cetakan, bagaimana membuat pola yang mudah, dan bagaimana cara mempermudah pembongkaran cetakan, kemudian menetapkan arah cup dan drag, posisi permukaan pisah, bagian yang dibuat oleh cetakan utama dan bagian yang dibuat oleh inti. Selanjutnya menetapkan tambahan penyusutan, tambahan untuk penyelesaian dengan mesin, kemiringan pola, dan seterusnya serta dibuat gambar untuk pengecoran yang kemudian diserahkan pada pembuat pola (Fahrudin, 2015).

2.7 Perlindungan Korosi dengan Anoda Tumbal

Ada dua jenis proteksi katodik, yaitu dengan metoda anoda tumbal (sacrificial anode) dan dengan metoda arus tanding (impressed current). Anoda tumbal relatif lebih murah dan mudah dipasang bila dibandingkan dengan metoda arus tanding. Keuntungan lainnya adalah tidak diperlukannya peralatan listrik yang mahal dan tidak ada kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus (Trethewey, 1991).

Penjelasan sederhana untuk menjelaskan cara kerja proteksi katodik dengan anoda tumbal adalah menggunakan konsep tentang sel korosi basah seperti Gambar 2.2. Kaidah umum dari sel korosi basah adalah bahwa dalam suatu sel, anodalah yang terkorosi, sedangkan yang tidak terkorosi adalah katoda. Anoda - anoda yang dihubungkan ke struktur dengan tujuan mengaktifkan perlindungan terhadap korosi dengan cara ini disebut anoda tumbal (sacrificial anodes). Kita dapat memanfaatkan pengetahuan mengenai deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang akan menjadi anoda. Anoda tumbal yang biasa digunakan di antaranya adalah seng dan aluminium (Trethewey, 1991).



Gambar 2.4 Sel Korosi Basah Sederhana (Trethewey, 1991)

2.8 Pengujian komposisi Bahan

Alat Optical Emission Spectroscopy (OES) merupakan alat yang dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi dan jenis unsur suatu material. Analisis sampel pada OES didasarkan karena adanya pemecahan energi yang direpresentasikan dalam bentuk panjang gelombang dan melibatkan transisi elektron di dalam suatu atom (Twyman, 2005). Pengujian komposisi kimia adalah suatu pengujian untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam dari suatu benda uji, Optical Emission Spectrometer (OES) adalah alat yang mampu menganalisa unsur-unsur logam induk dan campurannya dengan akurat, cepat dan mudah dioperasikan. Prinsip dasar dari diketahuinya kandungan unsur dan komposisinya pada alat ini adalah apabila suatu logam dikenakan energi listrik atau panas maka kondisi atom-atomnya akan menjadi tidak stabil. Electron-elektron yang bergerak pada orbital atomnya akan melompat ke orbital yang lebih tinggi. Apabila energi yang dikenakan hilang maka electron tersebut akan kembali ke orbit semula dan energi yang diterimanya akan dipancarkan kembali dalam bentuk sinar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya. Sedangkan intensitas sinar terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsur. Hal ini berarti bahwa jenis suatu unsur kadarnya dapat diketahui melalui panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpancar. (Widagdo, 2016).

Tabel 2.1 tabel rekomendasi limit impurity elemen anoda

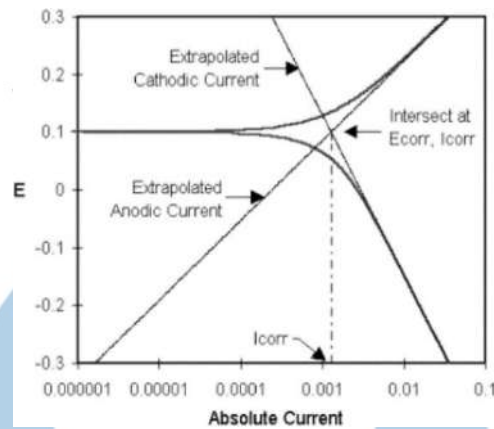
Table 10-5 Recommended compositional limits for Al-based and Zn-based anode materials (ref. 6.5).		
<i>Alloying/Impurity Element</i>	<i>Zn-base</i>	<i>Al-base</i>
Zn	rem.	2.5-5.75
Al	0.10-0.50	rem.
In	na	0.015-0.040
Cd	≤ 0.07	≤ 0.002
Si	na	≤ 0.12
Fe	≤ 0.005	≤ 0.09
Cu	≤ 0.005	≤ 0.003
Pb	≤ 0.006	na

Kaidah umum dari sel korosi basah adalah bahwa dalam suatu sel, anodalah yang terkorosi, sedangkan yang tidak terkorosi adalah katoda. Anoda - anoda yang dihubungkan ke struktur dengan tujuan mengefektifkan perlindungan terhadap korosi dengan cara ini disebut anoda tumbal (sacrificial anodes). Kita dapat memanfaatkan pengetahuan mengenai deret galvanik untuk memilih suatu bahan yang akan menjadi anoda. Anoda tumbal yang biasa digunakan di antaranya adalah seng dan aluminium (Trethewey, 1991).

2.9 Metode Potensiostat Open circuit Potential (OCP)

Open Circuit Potential (OCP) merupakan potensial yang terbentuk antara elektroda kerja (permukaan logam yang akan dipelajari) dan lingkungan, berkenaan dengan elektroda referensi, yang akan ditempatkan di elektrolit dekat dengan elektroda kerja (S. Mischler, 2018). Potensiostat digunakan sebagai alat elektronik pengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda referensi, selain itu digunakan pula elektroda bantu. Sebelum melakukan uji korosi, dilakukan pengukuran nilai OCP dengan membiarkan sampel dalam larutan selama waktu tertentu hingga tercapai kondisi stabil. Nilai potensial pada kondisi stabil (steady state) disebut juga dengan E_{corr} (potensial korosi), kemudian E_{corr} tersebut digunakan sebagai acuan dalam melakukan metode potensiostat (Yudha, 2015).

Metode ini digunakan untuk mengetahui perubahan potensial terhadap arus, Ketika grafik mengalami penurunan, maka artinya terjadi korosi dalam waktu tertentu. Jika grafik mengalami kenaikan, artinya mengalami ketahanan korosi. Perubahan potensial menandakan kemampuan logam untuk menghambat korosi. Sedangkan arus menandakan seberapa cepat korosi itu terjadi (Andi, 2017).



Gambar 2.5 Kurva Polarisasi Tavel (Andi, 2017)

Polarisasi potensiostat adalah metode yang digunakan untuk mengamati perilaku korosi yang terjadi pada logam melalui hubungan antara potensial terhadap arus. Ketika logam mengalami kontak langsung dengan larutan yang bersifat korosif, maka akan terjadi reaksi redoks secara bersamaan di permukaan logam. Sifat polarisasi logam bisa diamati dari kurva polarisasi tafel yang menyatakan respon arus (\log arus) sebagai fungsi potensial. Untuk mendapatkan hasil laju korosi, bisa dilihat melalui hubungan antara overpotential dengan arus. Untuk menentukan Laju korosi dengan metode potensiostat polarisasi, dibutuhkan 3 konfigurasi elektroda, antara lain, elektroda acuan (reference electrode), elektroda bantu (counter electrode), dan elektroda kerja (work electrode) berupa spesimen baja. Hasil yang didapat dari metode ini adalah Polarization Curve yang menyatakan hubungan antara \log arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) terhadap fungsi potensial (mV) (M. D. M. Dryden, 2015).

2.10 Pengujian Kapasitas

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar DNV-RP-B401. Menggunakan 3 wadah yang disiapkan untuk 3 sampel anoda. Semua wadah dihubungkan dengan penjepit kabel antara anoda dan katoda sehingga listrik dapat mengalir di antara keduanya. Susunan set pengujian ditunjukkan pada Gambar. Bobot anoda awal dan akhir dicatat (D. N. Veritas, 2010).



Gambar 2.6 Rangkaian Pengujian Kapasitas

Percobaan dilakukan selama 4 hari, Arus yang digunakan tiap harinya berbeda-beda, adapun pada hari pertama memiliki arus sebesar 24.7 mA, pada hari kedua sebesar 6.58 mA, pada hari ketiga sebesar 65.9 mA, dan pada hari keempat sebesar 24.7 mA. Air laut yang digunakan untuk percobaan ini adalah air laut dari Benua Patra Balikpapan. Semua parameter seperti beda potensial arus, berat anoda, dan akumulasi arus dicatat. Pengujian dilakukan selama 4 hari. Setelah 4 hari, sampel anoda lalu dibersihkan. Tujuan utama dibersihkan adalah untuk menghilangkan elektron yang masih menempel pada anoda (D. N. Veritas, 2010).

Tabel 4.5 rekomendasi nilai elektrokimia anoda Al based DNV RP B401

Table 10-6 Recommended design electrochemical capacity and design closed circuit potential for anode materials at seawater ambient temperatures (ref. 6.5).			
Anode Material Type	Environment	Electrochemical Capacity (Ah/kg)	Closed Circuit Potential (V)
Al-based	seawater	2,000	-1.05
	sediments	1,500	-0.95
Zn-based	seawater	780	-1.00
	sediments	700	-0.95

Kapasitas elektrokimia merupakan parameter untuk melihat bagaimana elektron aktif ditransfer dari anoda ke elektrolit. Jika kapasitas elektrokimia tinggi, maka ada transfer elektron aktif yang terlibat. Artinya anoda berfungsi dengan efisiensi yang baik. Berdasarkan pengujian, kapasitas elektrokimia dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\varepsilon = (C \cdot 1000) / \Delta w \quad 2.1$$

dimana C adalah total arus dalam satuan Ah dan Δw adalah pengurangan massa dalam satuan gram. C didapatkan dari penambahan arus tiap harinya dikali

dengan waktu perendaman (24 jam) (D. N. Veritas, 2010).

Tabel 2.1 Standar Minimum Kapasitas Elektrokimia DNV-RP-B401

Anode material type	environment	Electrochemical capacity (Ah/kg)
Al-Based	Sea water	2000
	sediment	1500
Zn-Based	Sea water	780
	sediment	700

2.11 Zinc

Zinc merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol, konfigurasi elektron [Ar]3d104s2 dan terdapat pada golongan IIB unsur transisi didalam tabel periodik. Zinc adalah logam yang berwarna putih kebiruan yang sangat mudah ditempa. Zinc liat pada temperatur 1100°C-1500°C, zinc melebur pada temperatur 4100°C, dan mendidih pada temperatur 9060°C. Logamnya yang murni melarut lambat dalam asam maupun basa, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini dapat mempercepat reaksi.

Logam zinc memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu mempunyai berat molekul 161,4 mengandung satu atau tujuh molekul air hidrat, hablur transparan atau jarum-jarum kecil, serbuk hablur atau butir, tidak berwarna, tidak berbau, larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus. Konsentrasi Zinc lebih besar dari 5 mg/L didalam air dapat menyebabkan rasa pahit. Zinc dalam air juga mungkin dihasilkan dari sisa racun industri (Dirjen POM, 1995).

Zinc merupakan logam keras dan rapuh pada kebanyakan temperatur, namun menjadi dapat ditempa antara 100°C sampai dengan 150°C. Di atas 210°C, logam ini kembali menjadi rapuh dan dapat dihancurkan (Scoffern, 2006). Zinc juga mampu menghantarkan listrik. Dibandingkan dengan logam-logam lainnya, zinc memiliki titik lebur (420°C) dan titik didih (900°C) yang relatif rendah. Dan sebenarnya pun, titik lebur zinc merupakan yang terendah di antara semua logam-logam transisi selain raksa dan kadmium (AGA, 2008).

2.12 Penelitian Terdahulu

www.itk.ac.id

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Publikasi	Judul dan Hasil
1.	Afriani, 2014	<p>“Proteksi Katodik Metoda Anoda Tumbal Untuk Mengendalikan Laju Korosi.”</p> <p>Hasil : Laju korosi besi baja tanpa bantuan proteksi katodik pada media air laut adalah 4,5657 MPY, sedangkan pada air gambut adalah 3,9445 MPY. Laju korosi dapat diturunkan menjadi 1,0551 MP Y menggunakan dua buah paduan aluminium dengan luas muka 49,6 cm², dan 1,7704 MPY menggunakan dua buah paduan seng dengan luas muka 49,6 cm² pada air laut dan 0,6915 MP Y menggunakan dua buah paduan aluminium dengan luas muka 49,6 cm², dan 1,0511 MPY menggunakan dua buah paduan seng dengan luas muka 49,6 cm² pada air gambut. Anoda tumbal berupa paduan aluminium lebih baik dalam melindungi katoda dibandingkan dengan paduan seng karena potensial proteksi besi baja oleh paduan aluminium lebih negatif daripada yang dihasilkan oleh paduan seng.</p>
2.	Barokah, 2018	<p>“PEMANFAATAN ZINC ANODE BEKAS SEBAGAI BAHAN PENCEGAH KOROSI LAMBUNG KAPAL.”</p> <p>Hasil : Pengujian komposisi kimia dan karakteristik dalam kategori normal artinya layak digunakan pada lambung kapal. Pemasangan zinc anode sudah memenuhi persyaratan sesuai perhitungan dengan memperhatikan batas keamanan.</p>
3.	Unggul, 2018	<p>“Analisis Pengaruh Komposisi Aluminium (Al) Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Laju Korosi Anoda Tumbal Berbasis Seng (Zn) untuk Kapaldengan Metode Pengecoran.”</p> <p>Hasil : Unsur Al mempengaruhi nilai laju korosi dari paduan Zn- Al. Nilai laju korosi terendah pada logam Zn 100% sebesar 0,82544 mm/year dan tertinggi dimiliki oleh logam paduan Zn-0,6Al sebesar 1,6303 mm/year.</p>

www.itk.ac.id