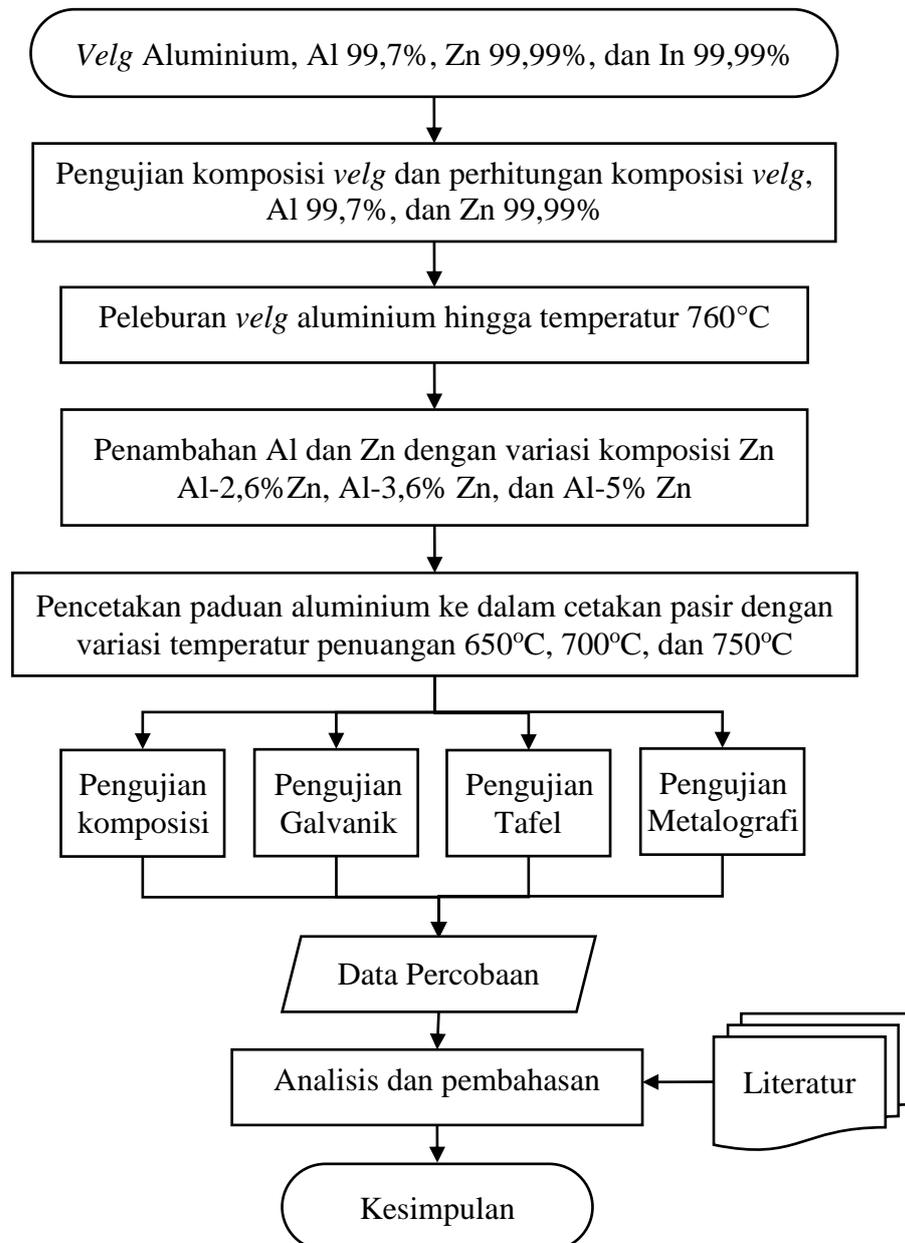


**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1. Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui pembuatan anoda korban kemudian dilakukan pengujian dengan urutan pengerjaan seperti pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## 3.2. Bahan dan Alat

### 3.3.1. Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Alat Pelindung Diri
2. Batang Pengaduk
3. *Counter Electrode*
4. *Crocodile Clip*
5. *Crucible*
6. Gelas *Beaker*
7. Gerinda Duduk
8. *Hair Dryer*
9. Kain *Polishing*
10. Kertas Ampelas *grade* 400 sampai 2000
11. Katoda *Low Carbon Steel*
12. Mesin Bor Tangan
13. Mesin *Grinding* dan *Polishing*
14. Mikroskop Optik
15. Multimeter
16. Pencapit *Crucible*
17. Potensiostat Corrtest Instrument
18. *Reference Electrode Ag/AgCl*
19. *Thermogun*
20. Timbangan Digital
21. Tungku Gas

### 3.3.2. Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

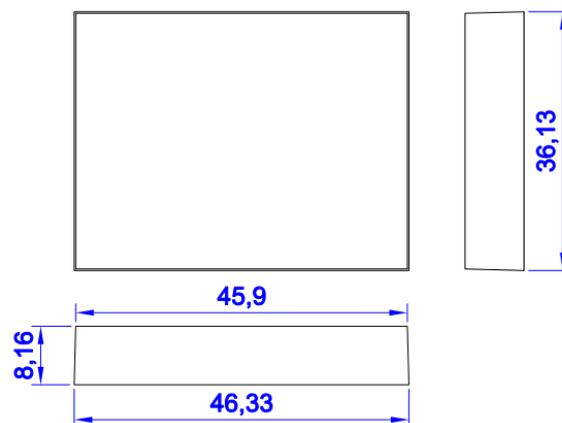
1. Akuades
2. Aluminium *Ingot* Inalum G1
3. Asam Klorida (HCl)
4. Asam Florida (HF)
5. Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>)
6. Garam (NaCl)
7. Indium (In)
8. *Velg* Aluminium
9. *Zinc Ingot* Nyzstar AZ-Z1

### 3.3. Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan prosedur penelitian dimulai dari proses pengecoran anoda korban aluminium hingga proses pengujian korosi maupun metalografinya.

#### 3.3.1. Perancangan Dimensi Pengecoran

Pola cetakan dibuat untuk dimensi 45 x 35 x 8 mm, setelah perhitungan kemiringan 1,5° dan *allowance* 1%. Dimensi pengecoran dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Dimensi Pola Sampel

### 3.3.2. Prosedur Persiapan Sampel Anoda Korban

Pada proses persiapan sampel anoda korban, bahan yang digunakan yaitu: *velg* aluminium, aluminium (Al) 99,7%, dan Seng (Zn) 99,99%. Berikut merupakan prosedur persiapan sampel dengan metode peleburan dan pepaduan.

1. *Velg* aluminium dipotong menggunakan gerinda.
2. *Velg* aluminium dilakukan pengujian XRF.
3. Komposisi masing-masing sampel dihitung dengan variasi penambahan paduan Al-2,6%Zn, Al-3,6% Zn, dan Al-5% Zn.
4. Berdasarkan perhitungan untuk mencapai komposisi tersebut, maka ditambahkan paduan dengan variasi pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Perhitungan Berat Bahan Baku Variasi Paduan

| Unsur | Komposisi Bahan Baku |                        |                    |                                | Sampel I<br>2,6% Zn          | Sampel<br>II 3,6%<br>Zn      | Sampel<br>III 5%<br>Zn       | Anoda<br>standar<br>DNVGL-<br>RPB401<br>(%) |
|-------|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
|       | Velg<br>Al<br>(%)    | Al G1<br>Inalum<br>(%) | In<br>Ingot<br>(%) | Zn A-Z<br>Z1<br>Zyzstar<br>(%) | Paduan<br>(gr/100gr<br>Velg) | Paduan<br>(gr/100gr<br>Velg) | Paduan<br>(gr/100gr<br>Velg) |   |
| Al    | 92,312               | 99,702                 |                    | 0,0002                         | 382                          | 376                          | 370                          | rem.  |
| Zn    | 0,012                | 0,001                  | 0,001              | 99,996                         | 15                           | 20                           | 25                           | 2,75-5,75                                   |
| Mg    | 0,275                | 0,001                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Mn    | 0,002                | 0,002                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| In    | 0,002                | 0,002                  | 99,995             |                                | 0,19                         | 0,19                         | 0,19                         | 0,015-<br>0,04                              |
| Si    | 7,200                | 0,054                  |                    |                                |                              |                              |                              | ≤ 0,12                                      |
| Cd    | 0,001                | 0,001                  | 0,0005             | 0,0003                         |                              |                              |                              | ≤ 0,002                                     |
| Cu    | 0,003                | 0,003                  | 0,0002             | 0,0001                         |                              |                              |                              | ≤ 0,003                                     |
| Fe    | 0,122                | 0,177                  | 0,0005             | 0,0003                         |                              |                              |                              | ≤ 0,09                                      |
| Cr    | 0,001                | 0,001                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Ni    | 0,002                | 0,002                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Sn    | 0,005                | 0,005                  |                    | 0,0004                         |                              |                              |                              |   |
| V     | 0,025                | 0,005                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Ga    | 0,016                | 0,009                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Sb    | 0,016                | 0,030                  |                    |                                |                              |                              |                              |   |
| Pb    |                      |                        | 0,0005             | 0,0029                         |                              |                              |                              |   |
| total | 100                  | 100                    |                    | 100                            | 395,19                       | 396,19                       |                              | 100   |

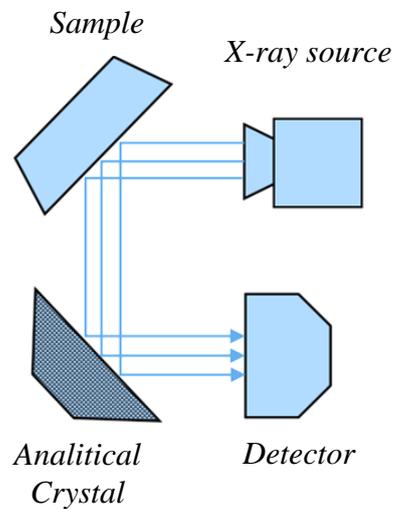
5. *Velg* aluminium, aluminium, dan Seng dipotong menggunakan gerinda dan ditimbang menggunakan timbangan digital.
6. Pola cetakan dibuat berdasarkan dimensi pengecoran.
7. Cetakan pasir dibuat menggunakan pasir cetak.
8. Peleburan *velg* aluminium dilakukan di dalam tungku gas dengan menggunakan *crusible* grafit.
9. Pemaduan variasi pertama Al-5%Zn dilakukan dengan memasukkan bahan ke dalam tungku.
10. Logam cair diaduk menggunakan batang pengaduk.
11. Aluminium cair dituang ke dalam cetakan pasir dengan variasi temperatur penuangan 650°C, 700°C, dan 750°C.
12. Menunggu beberapa saat hingga proses solidifikasi selesai.
13. Cetakan pasir dibongkar.
14. Prosedur 7-10 dilakukan kembali dengan semua variasi.

Sampel yang dibutuhkan yaitu 9 sampel dengan masing-masing variasi komposisi dilakukan variasi temperatur penuangan.

### **3.3.3. Prosedur Pengujian *X-Ray Fluorence* (XRF)**

Pengujian komposisi kimia pada logam dilakukan untuk mengidentifikasi unsur-unsur di dalamnya. Metode yang digunakan adalah *X-Ray Fluorescence* (XRF), di mana elektron ditembakkan ke permukaan datar spesimen, menghasilkan pantulan gelombang cahaya. Gelombang cahaya ini kemudian ditangkap oleh penerima dan sensor. Data yang diperoleh dari gelombang cahaya tersebut diproses dan dibandingkan dengan database yang tersedia. Spesimen untuk pengujian ini memiliki ukuran 2 x 2 x 0,5 cm dengan

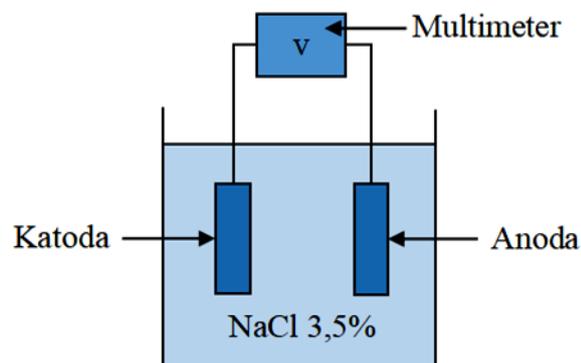
variasi komposisi yang berbeda-beda. Skematik pengujian XRF dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Skematik Pengujian XRF [39]

### 3.3.4. Prosedur Pengujian Galvanik

Prosedur pengujian galvanik berdasarkan standar ASTM G71-81 dilakukan untuk mengevaluasi efek penambahan Zn dan variasi temperatur tuang pada kapasitas arus anoda korban aluminium (Al-Zn) dalam sel galvanik. Pengujian ini menggunakan elektrolit NaCl 3,5% untuk mensimulasikan kondisi lingkungan korosif. Sampel yang diuji terdiri dari anoda korban aluminium dan katoda baja karbon. Uji dilakukan selama 10 hari untuk setiap spesimen. Gambar 3.4 menunjukkan skematik pengujian galvanik.



**Gambar 3.4** Skematik Pengujian Korosi Galvanik [40]

Prosedurnya dimulai dengan persiapan sampel anoda korban velg aluminium yang telah ditambahkan Zn dan disesuaikan dengan variasi temperatur tuang yang berbeda. Katoda baja karbon rendah juga dipersiapkan. Kedua sampel kemudian ditempatkan dalam larutan NaCl 3,5% dan dihubungkan untuk membentuk sel galvanik. Selama 10 hari, arus yang dihasilkan oleh anoda korban, dan *weigh loss* anoda korban diukur untuk menentukan kapasitas arusnya [40]. Kapasitas arus anoda korban dihitung menggunakan persamaan 3.1 [41].

$$Current\ Capacity(CC) = \frac{Current\ (A) \times time\ (h)}{Weight\ loss\ (kg)} \quad (3.1)$$

Data yang diperoleh dari pengukuran ini kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan Zn dan variasi temperatur tuang terhadap kapasitas arus dan efisiensi anoda korban Al-Zn. Efisiensi anoda korban dapat dihitung menggunakan persamaan 3.2. [41].

$$Efisiensi(\varepsilon) = \frac{CC_A}{CC_T} \times 100 \quad (3.2)$$

Dimana  $CC_A$  dan  $CC_T$  secara berturut-turut adalah kapasitas arus aktual dan kapasitas arus teoritis. Kapasitas teoritis anoda korban dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4 [41].

$$CC_{T\ Unsur}\ (Ah/kg) = \frac{F\ (Ah/mol)}{M\ (g/mol)} \times n \times 1000\ (g/kg) \quad (3.3)$$

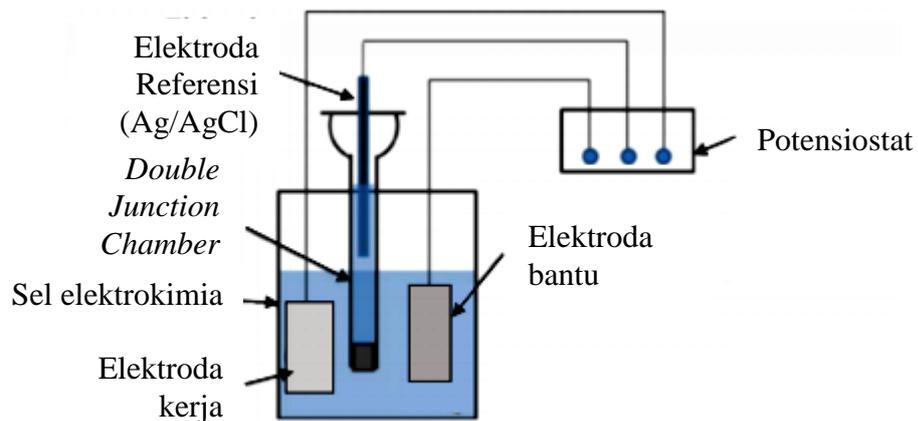
$$CC_{T\ Paduan} = \sum (\% \text{ wt}_{Unsur} \times CC_{T\ Unsur}) \quad (3.4)$$

### 3.3.5. Prosedur Pengujian Tafel Polarisasi

Prosedur pengujian dimulai dengan menyiapkan spesimen uji sebagai elektroda kerja, Ag/AgCl sebagai elektroda referensi, dan platina sebagai

elektroda bantu. Ketiganya dirangkai menjadi sel elektrokimia dan direndam dalam media korosi dengan jarak yang berdekatan. Setelah itu, kurva tafel ditentukan dengan mempolarisasikan potensial anodik dan katodik dalam rentang  $\pm 450$  mV relatif terhadap *Open Circuit Potential* (OCP vs RE) dan dengan scan rate 5 mV/s [42].

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi anoda korban. Grafik Tafel Polarisasi, yang terdiri dari kurva katodik dan kurva anodik. Kurva katodik merepresentasikan reaksi reduksi, sedangkan kurva anodik merepresentasikan reaksi oksidasi. Interseksi kedua kurva ini menentukan potensial korosi ( $E_{\text{corr}}$ ) dan densitas arus korosi ( $i_{\text{corr}}$ ). Nilai densitas arus korosi ( $i_{\text{corr}}$ ) yang diperoleh dari fitting kurva Tafel selanjutnya digunakan untuk menghitung laju korosi menggunakan perangkat lunak Corrtest Studio 6. Rangkaian sel elektrokimia dalam pengujian tafel polarisasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Skematik Pengujian Tafel Polarisasi [42]

### 3.3.6. Prosedur Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi menggunakan standar ASTM E407-07 melibatkan beberapa langkah utama untuk menyiapkan sampel logam

sehingga strukturnya dapat diamati di bawah mikroskop. Prosedur dimulai dengan pemotongan sampel logam yang akan diuji. Selanjutnya, sampel tersebut diampelas secara bertahap mulai dari kertas ampelas dengan grit kasar hingga mencapai grit 2000, untuk memastikan permukaan sampel halus dan bebas dari goresan yang dapat mengganggu pengamatan. Setelah diampelas, sampel dipoles menggunakan pasta alumina ( $Al_2O_3$ ) untuk mendapatkan permukaan yang sangat halus dan reflektif. Tahap terakhir adalah etsa menggunakan keller's *reagen* yang memiliki komposisi 2 mL HF, 3 mL HCl, 5 mL  $HNO_3$ , dan 190 mL akuades. Proses etsa ini mengungkap struktur mikro logam dengan menyerang batas butir dan fitur lain pada sampel, sehingga dapat diamati dengan jelas di bawah mikroskop. Hasil akhir dari prosedur ini memungkinkan analisis detail mengenai struktur mikro anoda korban. Analisis ukuran butir dan fraksi fasa dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ [43].

Analisis Struktur mikro dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ. Analisis yang dilakukan yaitu analisis fraksi fasa Zn dan a-Al serta analisis distribusi ukuran butir. Pengambilan data fraksi fasa dilakukan dengan menggunakan alat pada perangkat lunak ImageJ yaitu *Threshold* dan *Analyze Particle*. Cara menggunakan alat *Threshold* dapat dilihat pada Gambar B.30 dan C.31 yaitu dengan menekan *Image > Adjust > Threshold > Adjust > Apply*. Cara menggunakan alat *Analyze Particle* dapat dilihat pada Gambar B.32 dan C.33 yaitu dengan menekan *Analyze > Analyze Particle > OK*.

Pengambilan data distribusi ukuran butir dilakukan juga menggunakan ImageJ. Alat yang digunakan pada perangkat lunak ImageJ yaitu *Measure* dilakukan dengan cara menekan *Analyze > Measure >* Tarik garis ukuran butir menggunakan *Cursor > Enter >* Ulangi untuk setiap lebar dan panjang butir serta setiap butir.