

# ANALISIS KETAHANAN SAMBUNGAN KELING PADA ALUMINIUM 2024 DENGAN KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO

Ir. Aznam barun<sup>1</sup>, Budi Agraham<sup>2</sup>

Lecture<sup>1</sup>, College Student<sup>2</sup>, Departmen of machine, Faculty of Engineering,  
University muhammadiyah Jakarta, Jalan cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510,  
Telp 021-4244016, 4256024, Email :

## ABSTRAK

*Pengelasan adalah proses penyambungan antara 2 plat dan 3 plat dengan menggunakan plat aluminium 2024 dalam penelitian ini dimana Pada hasil pengujian tarik paku keling 4 lebih tinggi keling 2 dengan selisih setengah tarik maksimum sebesar 428,94 N/mm<sup>2</sup> selisih setengah tarik adalah 25,22 N/mm<sup>2</sup>. pengelasan 2 yang sebesar 403,53 N/mm<sup>2</sup> lebih tinggi pengelasan 4 dengan selisih 25,22 Setelah mendapat hasil kekuatan tarik dan struktur mikro pada pengelasan 2 dan 4 pada plat aluminium 2024 pengelasan 4 lebih kuat kekuatannya dan lebih keras dan struktur mikronya hasil pengelasan 2 dengan adanya pengujian tersebut pengelasan 4 dapat disimpulkan kekuatannya*

*Kata kunci : pengelasan 4. Pengelasan 2, uji tarik dan struktur mikro*

## 1. PENDAHULUAN

Paku keling adalah permanen mekanis pengikat. Sebelum diinstal paku keling terdiri dari halus silinder poros dengan kepala pada salah satu ujungnya. Ujung kepala disebut buck-ekor. Pada pemasangan paku keling ditempatkan pada atau pra-bor lubang menekan, dan ekor sedang kesal, atau Yorkshire melawan (yaitu cacat), sehingga memperluas sekitar 1,5 kali diameter batang asli, memegang paku keling itu di tempatnya. Untuk membedakan antara kedua ujung paku keling, kepala asli disebut pabrik kepala dan ujung cacat disebut toko kepala atau buck-ekor.

## 2. METODE EKSPERIMEN DAN FASILITAS YANG DIGUNAKAN

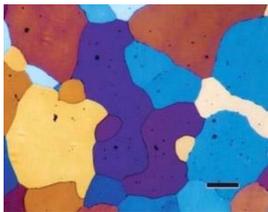
Alumunium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, alumunium berupa oksida yang stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Pereduksian alumunium hanya dapat dilakukan dengan cara elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dan sebagainya.

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , densitas  $2,685 \text{ kg/m}^3$ , dan titik leburnya pada suhu  $660^\circ\text{C}$ , aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

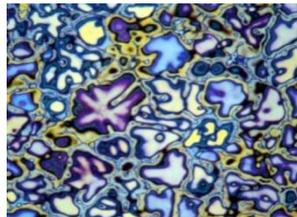
Unsur-unsur paduan dalam aluminium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

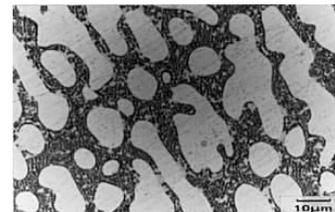
## 2.1. Struktur Mikro Aluminium



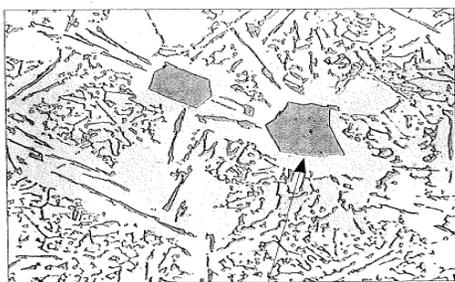
Gb.2.1 (Al murni)



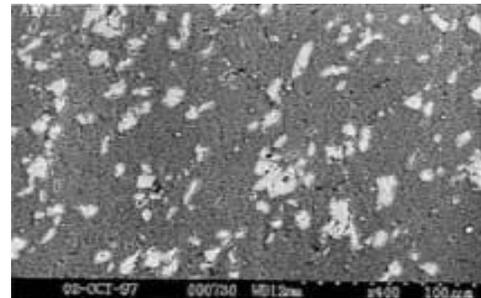
Gb 2.2 (Al dgn Cu, Mn, Mg)



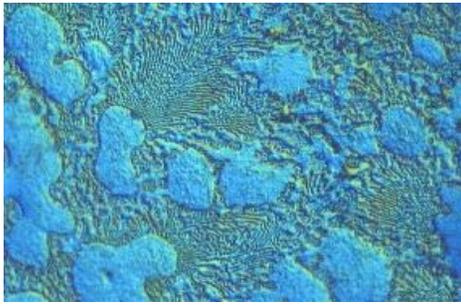
Gb 2.3 (Al dgn Cu)



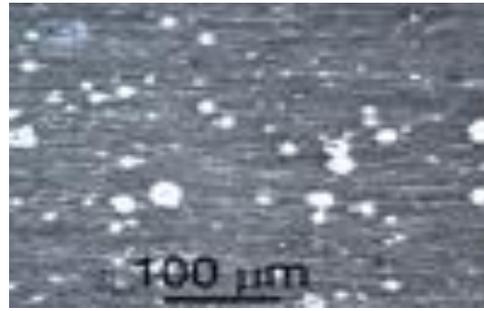
Gb 2.4 (Aluminium dengan Si)



Gb 2.5 (Aluminium dengan Ti)



Gb 2.6 (Alumunium dengan Zn)



Gb 2.7 (Alumunium dengan Mg)

## 2.2.Kandungan Atom atau Unsur

Alumunium murni mempunyai kemurnian hingga 99,96% dan minimal 99%. Zat pengotornya berupa unsur Fe dan Si. Alumunium paduan memiliki berbagai kandungan atom-atom atau unsur-unsur utama (mayor) dan minor. Unsur mayor seperti Mg, Mn, Zn, Cu, dan Si sedangkan unsur minor seperti Cr, Ca, Pb, Ag, Fe, Sn, Zr, Ti, Sn, dan lain-lain. Unsur-unsur paduan yang utama dalam almunium antara lain:

1. Copper (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan elongasi (pertambahan panjang pangjangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam alumunium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam temperature tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan alumunium dan menurunkan nilai *ductility*-nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan alumunium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.

## 2.3.Klasifikasi Alumunium

### 2.3.1..Alumunium Murni

Alumunium didapat dalam keadaan cair melalui proses elektrolisa, yang umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Namun, bila dilakukan proses elektrolisa lebih lanjut, maka akan didapatkan alumunium dengan kemurnian 99,99% yaitu dicapai bahan dengan angka sembilannya empat. Ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi massa jenisnya kurang lebih sepertiga dari tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu, dapat dipergunakan untuk kabel dan dalam berbagai bentuk. Misalnya sebagai lembaran tipis (foil). Dalam hal ini dapat dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0%. Untuk reflector yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk kodensor elektrolitik dipergunakan Al dengan angka Sembilan empat.

Tabel 2.1 komposisi kimia alumunium seri 1xxx<sup>6</sup>

Designation	Si,%	Fe,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Zn,%	Ti,%	Others,%	Al, % min
1050	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,5
1060	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	99,6
1100	0.95 Si + Fe		0.05-0.2	0,05	-	0,1	-	0,15	99
1145	0.55 Si + Fe		0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	99,45
1200	1.00 Si + Fe		0,05	0,05	-	0,1	0,05	0,15	99
1230	0.70 Si + Fe		0,1	0,05	0,05	0,1	0,03	0,03	99,3
1350	0,1	0,4	0,05	0,01	-	0,05	-	0,11	99,5

### 2.3.2. Alumunium paduan

Alumunium paduan dikelompokkan dalam berbagai standard oleh berbagai Negara di dunia. Namun, pengklasifikasian yang paling terkenal dan sempurna adalah standard Alumunium Association (AA) di Amerika yang didasarkan pada standard sebelumnya dari Alcoa (Alumunium Company of America).<sup>1</sup>

#### a. Alumunium copper alloy (seri 2xxx)

Paduan ini dapat di heat treatment terutama yang mengandung (2,5-5%) Cu. Dari seri ini yang terkenal seri 2017 dikenal dengan nama “duralimin” mengandung 4%Cu, 0,5%Mg, 0,5%Mn pada komposisi standard. Paduan ini Mg ditingkatkan pada komposisi standard dari Al, 4,5%Cu, 1,5%Mg, 0,5%Mn, dinamakan paduan 2024 yang bernama Duralumin Super. Paduan yang memiliki Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi khusus diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi yang disebut pelat alkad. Paduan ini banyak digunakan untuk alat-alat yang bekerja pada temperatur tinggi misalnya pada piston dan silinder head motor bakar.

Tabel 2.2 komposisi alumunium seri 2xxx<sup>62</sup>.

Designation	Si,%	Cu,%	Mn,%	Mg,%	Ni,%	Ti,%	Others,%
2014	0.5-1.2	3.9-5.0	0.4-1.2	0.2-0.8	-	0.15 max	-
2017	0.2-0.8	3.5-4.5	0.4-1.0	0.4-0.8	-	0.15 max	-
2018	0.9 max	3.5-4.5	-	0.4-0.9	1.7-2.3	-	-
2024	0.5 max	3.8-4.9	0.3-0.9	1.2-1.8	-	0.15 max	-
2025	0.5-1.2	3.9-5.0	0.4-1.2	-	-	0.15 max	-

Ramsden, 2004, *Mechanical Property of Aluminium Casting Alloys*, <http://www.ramsden.on.ca/alloys.html>

2036	0.5 max	2.2-3.0	0.1-0.4	0.3-0.6	-	0.15 max	-
2117	0.8 max	2.2-3.0	0.2-0.5	-	-	-	-

Berdasarkan data dari PT GMF komposisi Kimia dapat dilihat dalam tabel 1.3 berikut ini

Tabel 2.3 komposisi kimia paku keling

1	Aluminium	Balance
2	Chromium	0.1 max
3	Copper	2.2-3
4	Iron	0.7 max
5	Magnesium	0.2 – 0.5
6	Manganese	0.2 max
7	Remainder Each	0,05 max
8	Remainder Total	0.15 max
9	Silicon	0.8 max
10	Zinc	0.25 max

#### 2.4. Data Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dan perubahan-perubahan yang terjadi dari benda uji baja karbon rendah yaitu aluminium 2024 yang sudah dikeling dengan menggunakan pengelingan 4 dan pengelingan 2. Pengujian tarik ini menggunakan mesin uji tarik hidrolik UPM 1000 pada skala beban 1 kN. Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik adalah kurva tegangan regangan, gaya maksimum, tegangan tarik maksimum dan data-data ukuran penampang setelah pengujian tarik, dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 2.4 Hasil Uji Tarik

<b>PENAMPANG BENDA UJI BULAT</b> Do PERSEGI ( a <sub>o</sub> x b <sub>o</sub> ) (mm)	<b>LUAS PENAMPANG AWAL</b> S <sub>o</sub> ( mm <sup>2</sup> )	<b>GAYA MAKSIMUM</b> F <sub>m</sub> ( Kn )	<b>TEGANGAN TARIK</b> ( R <sub>m</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )
<b>3,18</b>	<b>7,93</b>	<b>3,2</b>	<b>403,53</b>
<b>3,17</b>	<b>7,88</b>	<b>3,9</b>	<b>494,92</b>
<b>3,18</b>	<b>7,93</b>	<b>3,4</b>	<b>428,75</b>
<b>3,17</b>	<b>7,88</b>	<b>3,8</b>	<b>492,23</b>

##### 2.4.1. Kekuatan Tarik

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan tegangan tarik ( $\sigma_u$ ), elongasi ( $e$ ), dan reduksi penampang ( $q$ ) dengan rumus :

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma_u = \frac{F_m}{A_0}$$

Dimana :  $\sigma_u$  = Tegangan tarik maksimum dalam (N/mm<sup>2</sup>)  
 $F_m$  = Gaya hasil tarik maksimum (kN)  
 $A_0$  = Luas penampang dalam (mm<sup>2</sup>)

Tegangan yang terjadi pada penampang bahan yaitu :

Tegangan Geser ( ) :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (N / mm^2)$$

Bila diameter paku adalah (d), maka luas penampang yang akan putus adalah

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Sehingga:

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}$$

Maka diameter paku keling :

$$d = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau}}$$

#### 2.4.2. Perhitungan Pengujian Tarik

Perhitungan pengujian tarik yang dihitung peneliti menggunakan rumus tegangan tarik ( $\sigma$ ) benda uji hasil pengelangan 2 dan benda uji pengelangan 4 pada plat almunium 2024 yang sudah melakukan pengujian tarik sebagai berikut:

1. Perhitungan kekuatan tarik pada pengelangan 4
  - a. Tegangan tarik

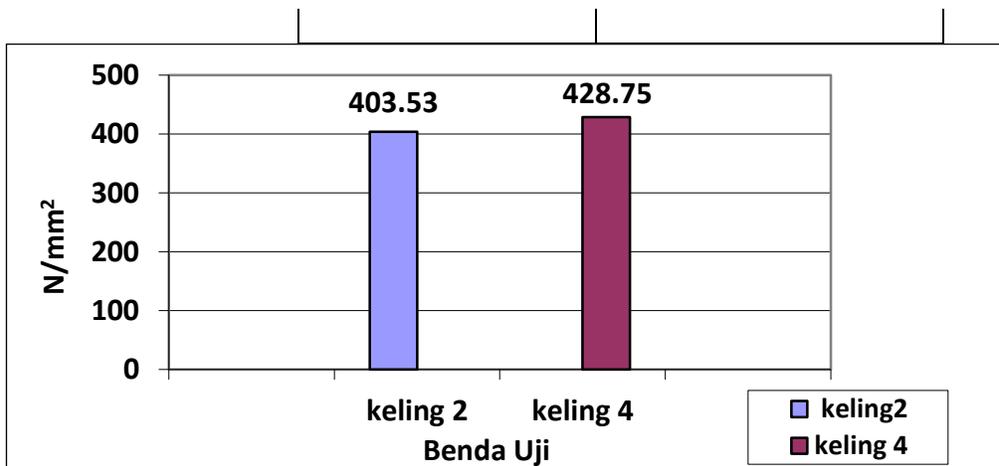
$$\sigma = \frac{F_m}{A_o} = \frac{3,2}{7,93} = 0,40353 kN / mm^2 = 403,53 N / mm^2$$

2. Perhitungan kekuatan tarik pada pengelangan 2
  - a. Tegangan tarik

$$\sigma = \frac{F_m}{A_o} = \frac{3,4}{7,93} = 0,42875 kN / mm^2 = 428,75 N / mm^2$$

Tabel 2.5 Hasil Perhitungan Uji Tarik

Jenis pengelangan	Tegangan tarik $\sigma_u$ N/mm <sup>2</sup>
Pengelangan 2	403,53
Pengelangan 4	428,75



Gambar 2.8 Diagram Tegangan Tarik Maksimum Hasil Benda keling 4 Dan keling 2

## 2.5. Analisis Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan data pengujian dan gambar 4.1, diatas tegangan tarik maksimum ( $\sigma$ ). penjelasan data hasil pengujian tarik diatas yang sudah dihitung dari pengujian tarik hasil benda uji pengelingan 4 dan pengelingan 2 sebagai berikut:

- Tegangan tarik ( $\sigma$ )

Hasil data pengujian tarik pada hasil benda uji pengelingan 4 dan benda uji pengelingan 2 nilai tegangan tarik maksimum pengelingan 4 lebih tinggi tegangan tariknya yaitu sebesar 428,94 N/mm<sup>2</sup> dengan pengelingan 2 yang sebesar 403,53 N/mm<sup>2</sup>, selisish tegangan tarik maksimum pada hasil benda pengelingan 2 dan pengelingan 4 adalah 25,22 N/mm<sup>2</sup>.

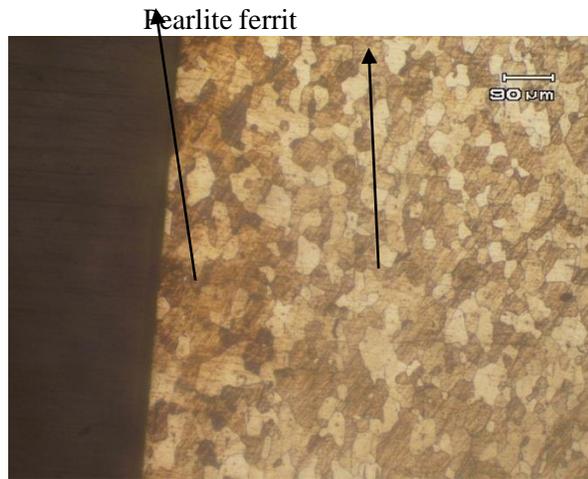
### 2.5.1. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan menunjukan butiran-butiran yang terdapat pada masing-masing daerah pada benda uji hasil pengelingan 2 dan pengelingan 4. struktur mikro yaitu daerah pengelingan keling utuh dan daerah pengelingan sudah ditarik. hasil pengamatan struktur mikro melalui foto-foto atau gambar-gambar hasil pemotretan mikroskop optic diambil 10 buah gambar dengan pembesaran 90 etsa nital 2%.



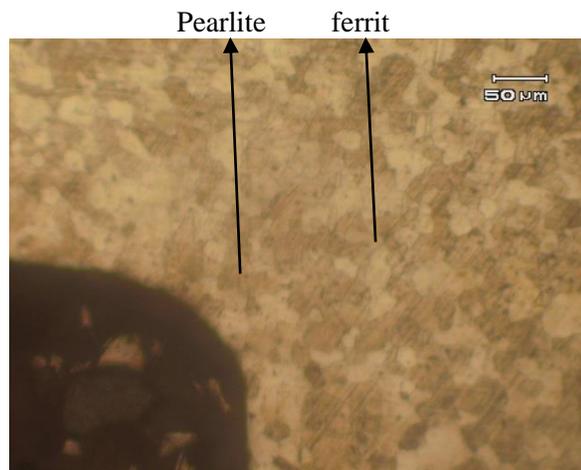
Gambar 2.9 Struktur Mikro benda uji pengelingan 2 utuh

Pada gambar struktur mikro 2.9 diatas pada daerah pengelingan utuh hasil proses pengelingan 2 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar.



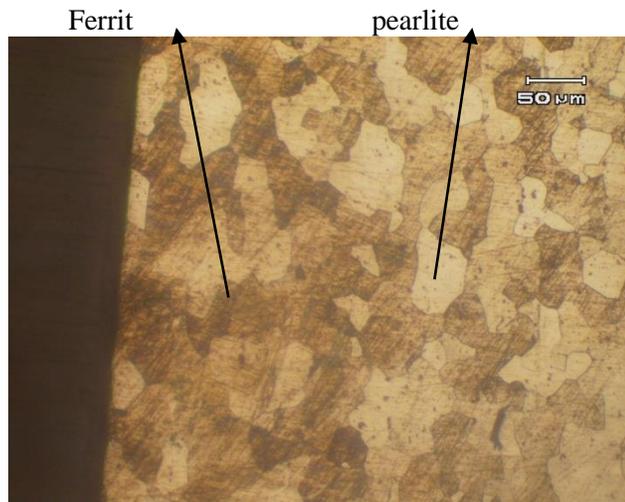
Gambar 2.10 Struktur Mikro benda uji pengelingan 2 efek tarik / deformasi

Pada gambar struktur mikro 4.3 diatas pada daerah pengelingan efek tarik/ deformasi hasil proses pengelingan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar.



Gambar 2.11 Struktur Mikro benda uji pengelingan 4 utuh

Pada gambar struktur mikro 4.4 diatas pada daerah pengelingan efek tarik/ deformasi hasil proses pengelingan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar.



Gambar 2.12. Struktur Mikro benda uji pengelangan 4 efek tarik / deformasi

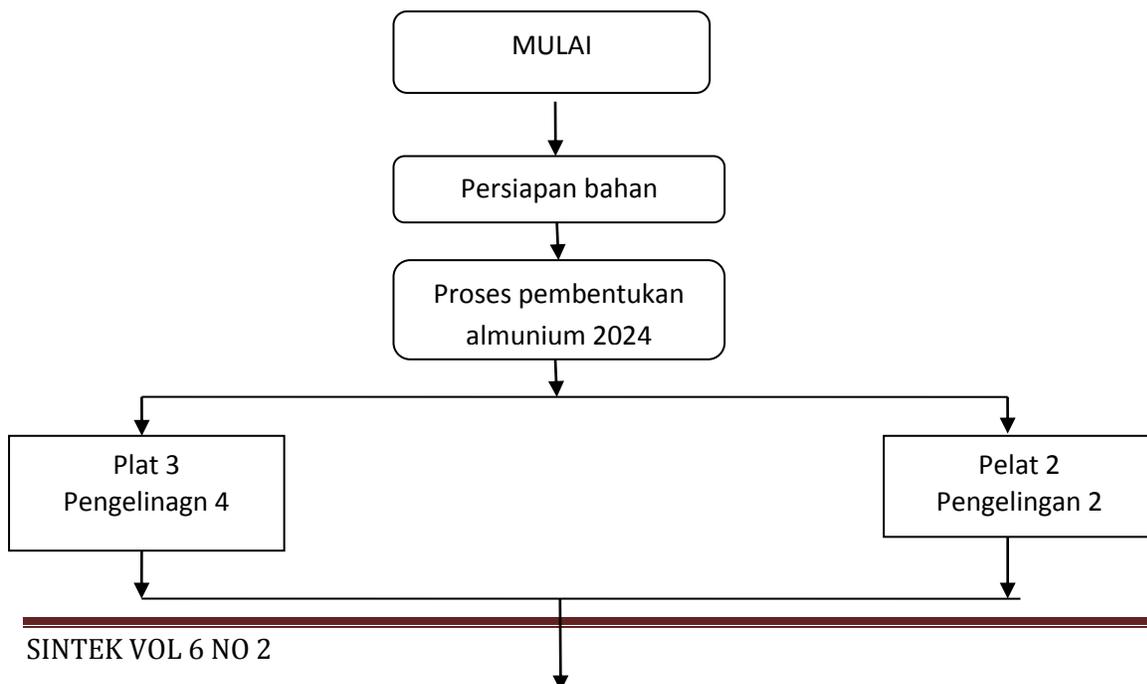
Pada gambar struktur mikro 4.5 diatas pada daerah pengelangan efek tarik/ deformasi hasil proses pengelangan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar.

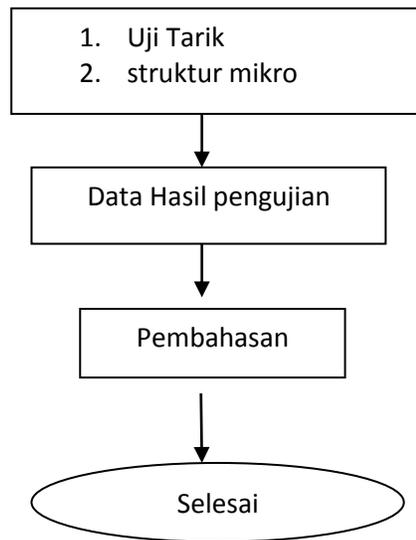
### 2.5.2. Analisis Hasil Pengujian Metalografi Struktur Mikro.

Berdasarkan hasil pengujian metalografi struktur mikro diatas pada daerah utuh dan daerah efek tarik/deformasi pada benda uji hasil pengelangan 2 dan benda uji hasil pengelangan 4 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Daerah utuh pada benda uji pengelangan 2 dan pengelangan 4 terdapat butiran ferrit dan butiran pearlite. Butiran ferrit dan pearlite akan tampak pada aluminium dikarenakan ferrit adalah besi dan pearlit adalah karbon.
2. Daerah efek tarik/deformasi pada benda uji pengelangan 2 dan pengelangan 4 terdapat butiran ferrit dan butiran pearlite. Butiran ferrit dan pearlite akan tampak pada aluminium dikarenakan ferrit adalah besi dan pearlit adalah karbon.

### 3. SKEMA NUMERIK





#### 4.1 KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh hasil keling dan terhadap plat alumunium 2024 dengan kekuatan tarik dan struktur mikro .dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :
2. Pada hasil pengujian tarik paku keling 4 lebih tinggi keling 2 dengan selisih setengah tarik maksimum sebesar  $428,94 \text{ N/mm}^2$  selisih setengah tarik adalah  $25,22 \text{ N/mm}^2$  . pengelangan 2 yang sebesar  $403,53 \text{ N/mm}^2$  lebih tinggi pengelangan 4 dengan selisih  $25,22$
3. Hasil penelitian pengujian struktur mikro pengelangan 2 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar. Dan pengelangan 4 deformasi hasil proses pengelangan 4 terdapat butiran ferrit yang berwarna terang dan pearlite yang berwarna pudar.
4. Setelah pengujian kekuatan tarik , dan struktur mikro hasil pengelangan 4 lebih kuat dan keras dibandingkan hasil pengelangan 2 terhadap plat almunium 2024

#### 4.2.SARAN

Adapun saran yang ingin penulis smpekan agar terciptanya hasil yang lebih baik dan maksimal adalah sebai berikut :

- 1 dalam proses pengelangan harus menggunakan mesin yang modern agar dalam proses pengelangan biasa lebih baik.

#### REFERENSI

1. Surdia, T. dan Shinroku, 2005, **Pengetahuan Bahan Teknik**, PT Pradnya Paramita, Jakarta
2. R.S.Khurmi J.K. 1974. **A Text Book Of Chine Design**, PT Gupta, Jakarta
3. Roberge, P.R. **Handbook of Corrosion Engineering**. New york; Mc Graw Hill Book Company
4. B. H. Amstead, **Teknologi Mekanik**, Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta, 1985

5. Ferdinand L. Singer. dan Andrew Pytel, **Kekuatan Bahan**, Terjemahan Ir. Darwin Sebayang, Erlangga, 1980
6. Ramsden, 2004, *Mechanical Property of Aluminium Casting Alloys*, <http://www.ramsden.on.ca/alloys.html>
7. George E, Dieter, **Metalurgi Mekanik**, Terjemahan Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta, 1988