

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah melakukan proses pengecoran dengan variasi temperatur *preheating* cetakan permanen pada 150 °C, 250 °C, dan 350 °C, kemudian dilakukan pengujian porositas dan mikrostruktur pada produk berupa *pulley* sehingga didapatkan data berupa berat *pulley* di udara (gram), berat keranjang di dalam air (gram), berat *pulley* dan keranjang di dalam air (gram) dan foto struktur mikro. Selain itu, didapatkan juga persentase berat dari komposisi spesimen yang merupakan hasil dari uji komposisi.

4.2 Data Hasil Uji Komposisi

Dalam menentukan titik lebur logam dan *theoretical density* dari bahan baku yang digunakan, perlu dilakukan uji komposisi terlebih dahulu. Data uji komposisi dari spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Data Uji Komposisi

Nama Unsur	% berat	
	(gram/cm ³)	(gram)
Silikon (Si)	2.329	6.71
Besi (Fe)	7.874	0.674
Magnesium (Mg)	1.738	0.742
Seng (Zn)	7.14	13.32
Natrium (Na)	0.968	0.00018
Nikel (Ni)	8.908	0.479
Fosfor (P)	1.823	0.0005
Antimon (Sb)	6.697	0.0061
Berilium (Be)	1.85	0.00006
Bismut (Bi)	9.78	0.0003
Tembaga (Cu)	8.96	1.01
Mangan (Mn)	7.21	0.101
Kromium (Cr)	7.19	0.0362
Titanium (Ti)	4.506	0.032
Kalsium (Ca)	1.55	0.00025
Timbal (Pb)	11.34	0.012
Timah (Sn)	7.365	0.0121
Stronsium (Sr)	2.64	0.0001
Zirkonium (Zr)	6.52	0.0028
Kadmium (Cd)	8.65	0.0026
Aluminium (Al)	2.7	76.9

4.3 Data Hasil Uji Piknometri

Pengujian piknometri dilakukan pada *pulley* setelah dilakukan *finishing* benda kerja dengan menyamakan dimensi tiap-tiap *pulley* agar dapat dibandingkan.

Sebelum masuk ke dalam tahapan piknometri, pengujian diawali dengan memanaskan *pulley* pada temperatur 110 °C selama 45 menit baru kemudian mengukur berat *pulley* di udara (W_s). Sebelum mengukur berat *pulley* dan keranjang di dalam air (W_{sb}), *pulley* terlebih dahulu direndam di dalam air selama 10 jam untuk memastikan air masuk ke seluruh pori-pori.

Berat dari keranjang yang digunakan adalah 43.98 gram. Namun, dikarenakan timbangan di *tar* terlebih dahulu saat mengukur berat *pulley* di dalam air, maka berat keranjang menjadi 0 gram dalam perhitungan.

Tabel 4.2
Data Pengujian Piknometri

Temperatur <i>Preheating</i> (°C)	Massa Benda		
	Ws (gram)	Wsb (gram)	Wb (gram)
150	217.4	139.24	
	217.87	138.6	
	235.23	152.53	
250	223.41	142.99	
	223.38	144.91	0
	230.56	149.67	
350	236.61	153.2	
	234.48	151.83	
	240.38	156	

4.4 Data Pengujian Mikrostruktur

Bagian pada *pulley* yang diambil untuk diuji mikrostruktur adalah bagian alas dari *pulley* yang bersentuhan langsung dengan cetakan. Berikut ini merupakan hasil foto mikrostruktur dengan menggunakan mikroskop logam perbesaran 100x.



(a)

(b)



(c)

Gambar 4.1 Foto mikrostruktur (a) 150 °C, (b) 250 °C, (c) 350 °C

4.5 Hasil Perhitungan

4.5.1 Data Hasil Perhitungan

- Hasil Perhitungan Porositas

Tabel 4.3
Hasil Perhitungan Porositas

Temperatur <i>Preheating</i> (°C)	th (g/cm ³)	Massa Jenis		Porositas (%)
		s (g/cm ³)	s rata-rata (g/cm ³)	
150		2.7814739	2.79143527	5.2633694
		2.7484546		
		2.8443773		
250	2.946521588	2.7780403	2.82500794	4.1239695
		2.846693		
		2.8502905		
350		2.8367102	2.84083772	3.5867333
		2.8370236		
		2.8487793		

- Hasil Perhitungan Mikrostruktur

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Mikrostruktur

Temperatur <i>Preheating</i> (°C)	Jumlah Butiran		NA (mm ⁻²)	Ukuran Butir ASTM (G)	Diameter Rata-Rata Butir (µm)
	Utuh (mm ⁻²)	<i>Intercept</i> (mm ⁻²)			
150	193	47	433	5.804	48.2
250	120	42	282	5.186	59.8
350	91	35	217	4.808	68.1

4.5.2 Contoh Perhitungan

- Menghitung nilai *Theoretical Density* (ρ_{th})

$$\rho_{th} = \frac{100}{\frac{\%Al}{\rho_{Al}} + \frac{\%Si}{\rho_{Si}} + \frac{\%Fe}{\rho_{Fe}} + etc}$$

$$\rho_{th} = \frac{100}{\frac{76.9}{2.7} + \frac{6.71}{2.329} + \frac{0.674}{7.874} + \frac{0.742}{1.738} + \frac{13.32}{7.14} + \frac{0.00018}{0.968} + \frac{0.479}{8.908} + \frac{0.0005}{1.823} + \frac{0.0061}{6.697} + \frac{0.000006}{1.85} + \frac{0.0003}{9.78} + \frac{1.01}{8.96} + \frac{0.101}{7.21} + \frac{0.0362}{7.19} + \frac{0.032}{4.506} + \frac{0.00025}{1.55} + \frac{0.012}{11.34} + \frac{0.0121}{7.365} + \frac{0.0001}{2.64} + \frac{0.0028}{6.52} + \frac{0.0026}{8.65}}$$

$$\rho_{th} = 2.946521588 \text{ g/cm}^3$$

- Menghitung nilai *Apparent Density* (ρ_s)

$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{W_s - W_{sb} - W_b}$$

$$\rho_s = 1 \frac{217.4}{217.4 - 139.24 - 0}$$

$$\rho_s = 1 \frac{217.4}{78.16}$$

$$\rho_s = 2.781474 \text{ g/cm}^3$$

- Menghitung nilai *Apparent Density rata-rata* ($\rho_{s \text{ rata-rata}}$)

$$\rho_{s \text{ rata-rata}} = \frac{\rho_{s(1)} + \rho_{s(2)} + \rho_{s(3)}}{3}$$

$$\rho_{s \text{ rata-rata}} = \frac{2.781474 + 2.748455 + 2.844377}{3}$$

$$\rho_{s \text{ rata-rata}} = \frac{8.3743}{3}$$

$$\rho_{s \text{ rata-rata}} = 2.791435272 \text{ g/cm}^3$$

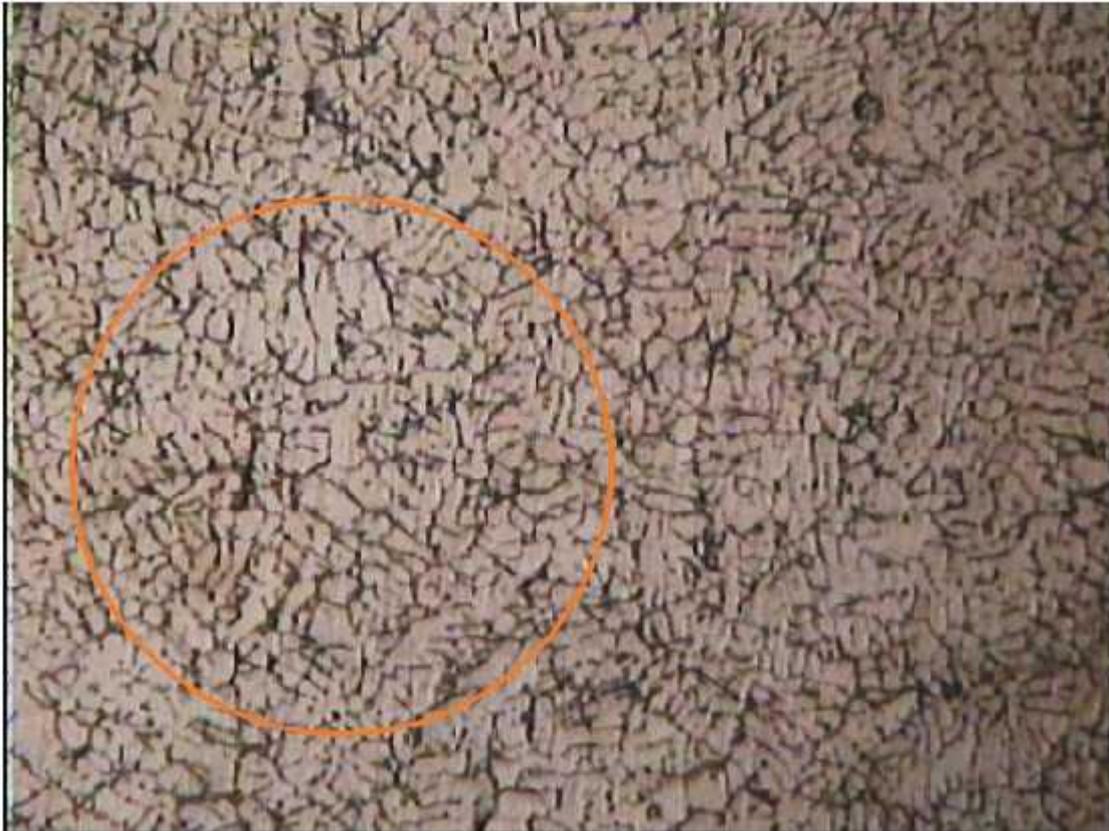
- Menghitung nilai *Porositas Rata-Rata* (%P)

$$\%P = 1 - \frac{\rho_{s \text{ rata-rata}}}{\rho_{th}} \times 100\%$$

$$\%P = 1 - \frac{2.791435272}{2.946521588} \times 100\%$$

$$\%P = 5.263369405 \%$$

- Menghitung Jumlah Butiran Utuh dan *Intercept*



Gambar 4.2 Menghitung jumlah butiran

Jumlah Butiran Utuh: 193 unit

Jumlah Butiran *Intercept*: 47 unit

- Menghitung Jumlah Butiran per Satuan Luas (N_A)

$$N_A = f N_{inside} + \frac{N_{intercepted}}{2}$$

$$N_A = 2.0 \cdot 193 + \frac{47}{2}$$

$$N_A = 43 \text{ mm}^{-2}$$

- Menghitung Ukuran Butir ASTM (G)

$$G = (3,321928 \log_{10} N_A) - 2,954$$

$$G = (3,321928 \log_{10} 433) - 2,954$$

$$G = 5.8042223$$

- Menghitung Diameter Rata-Rata Butir (d)

Tabel 4.5
Grain Size Relationship

Grain Size No. G	N_A Grains/Unit Area		A Average Grain Area		d Average Diameter		Mean Intercept		N_L
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	mm ²	μm ²	mm	μm	mm	μm	No./mm
4.0	8.00	124.00	0.00806	8065	0.0898	89.8	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00

Sumber: ASTM E 112-96 (2004, p.8)

$$\frac{6 - 5.8042223}{6 - 5.5} = \frac{44.9 - d}{44.9 - 53.4}$$

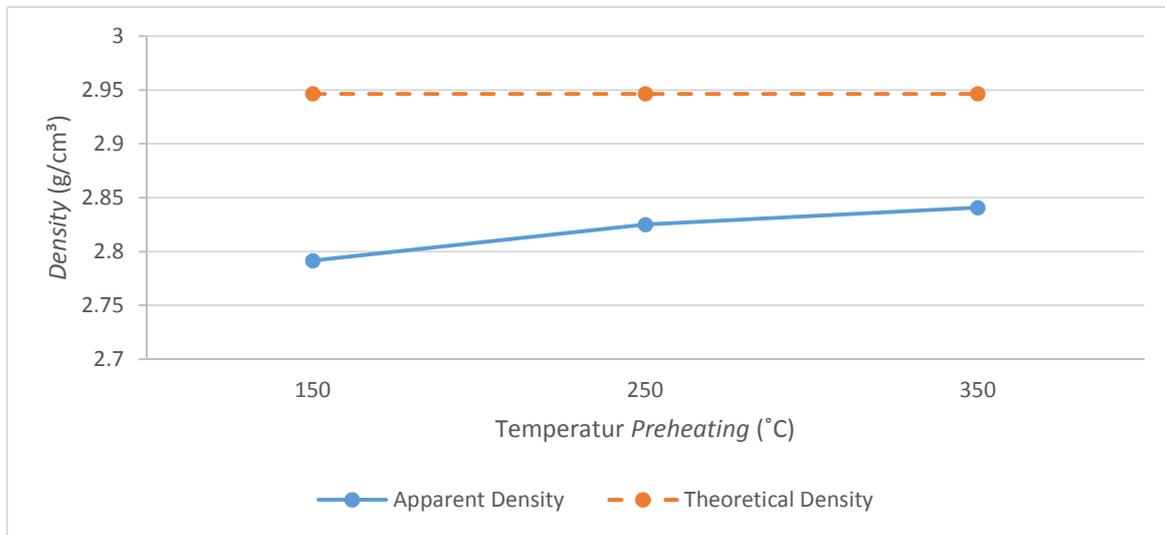
$$\frac{0.195777}{0.5} = \frac{44.9 - d}{-8.5}$$

$$3.3282 = 44.9 - d$$

$$d = 48.22 \mu\text{m}$$

4.6 Grafik dan Pembahasan

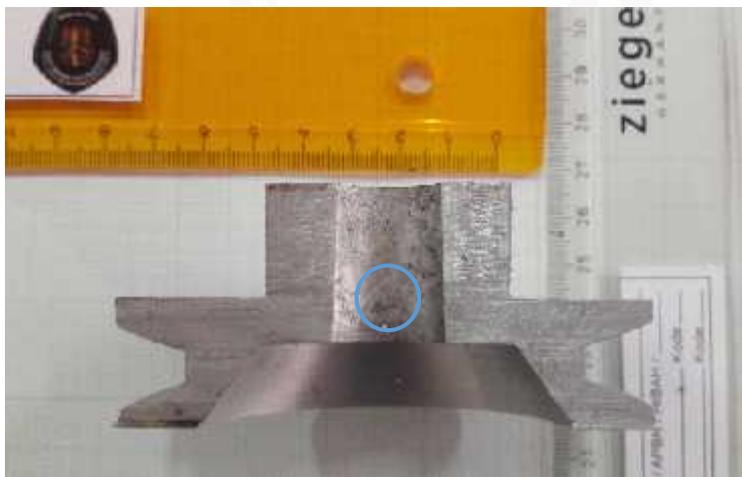
4.6.1 Pengaruh Temperatur *Preheating* Cetakan Permanen Terhadap Porositas



Gambar 4.3 Grafik pengaruh temperatur *preheating* terhadap *density*

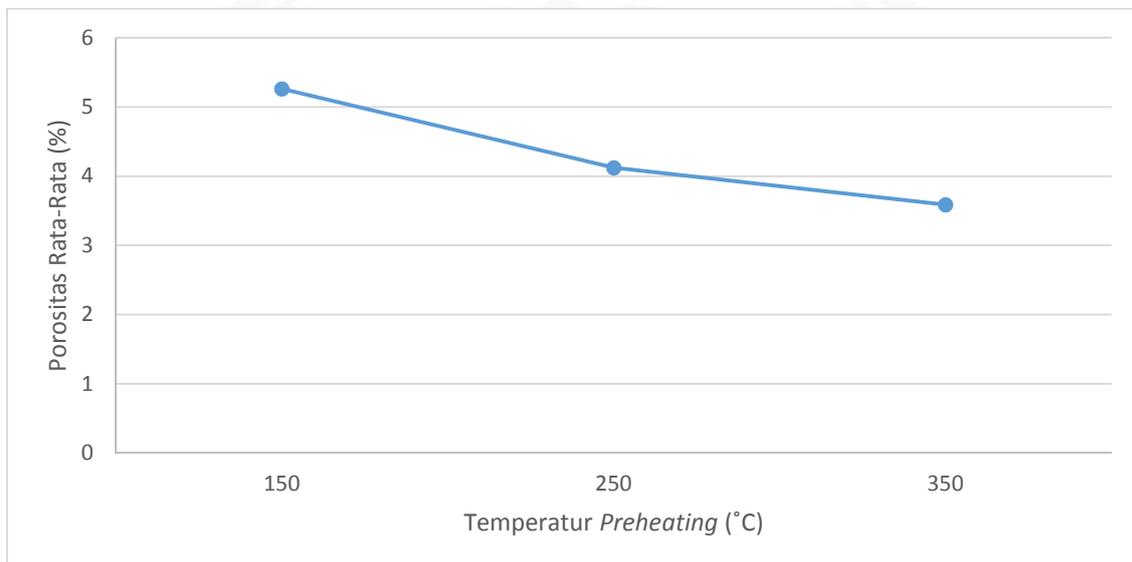
Untuk mendapatkan persentase porositas dalam *pulley* hasil coran, peneliti membandingkan nilai *apparent density* dengan *theoretical density*. Idealnya, nilai *apparent density* dan *theoretical density* seharusnya memiliki nilai yang sama, yang menandakan bahwa tidak terdapat porositas sama sekali pada *pulley* tersebut.

Namun, pada kenyataannya nilai rata-rata *apparent density* dari tiga buah *pulley* pada tiap-tiap variasi temperatur *preheating*, berada di bawah nilai *theoretical density*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat porositas dalam *pulley*, yang menyebabkan nilai *apparent density* menurun.



Gambar 4.4 Porositas pada makrostruktur dari *pulley*

Sementara itu, dalam Gambar 4.3 di atas, ditemukan bahwa semakin bertambahnya nilai temperatur *preheating* dari cetakan menyebabkan nilai dari *apparent density* semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena perbedaan temperatur antara penuangan logam cair dengan cetakan, dimana semakin kecil T , maka nilai kelarutan dari hidrogen dalam logam cair semakin kecil. Rendahnya nilai kelarutan hidrogen dalam logam cair berpengaruh pada persentase dari porositas dalam *pulley* yang juga semakin kecil. Sedikitnya porositas menyebabkan *pulley* menjadi lebih padat, karena gas hidrogen yang terperangkap lebih sedikit. Hal tersebut menyebabkan berat *pulley* di dalam air menjadi semakin tinggi, sehingga mempengaruhi nilai dari *apparent density* masing-masing *pulley* yang semakin tinggi.



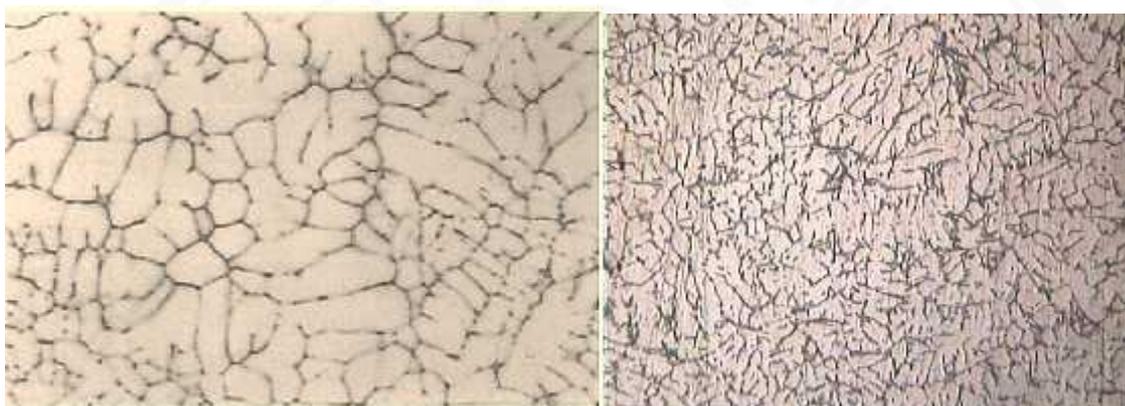
Gambar 4.5 Grafik pengaruh temperatur *preheating* terhadap porositas rata-rata

Setelah mengetahui nilai dari *apparent density* dan *theoretical density* rata-rata, kita dapat menentukan persentase porositas rata-rata dari *pulley*. Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara temperatur *preheating* dari cetakan yang digunakan untuk pengecoran dengan nilai porositas rata-rata dari tiga buah *pulley* hasil coran pada tiap-tiap variasi temperatur. Temperatur yang digunakan untuk memanaskan cetakan adalah 150 °C, 250 °C, dan 350 °C.

Ditemukan bahwa penambahan temperatur *preheating* pada cetakan permanen, dapat mengurangi nilai porositas sebanyak $\pm 1\%$ pada setiap kenaikan temperatur sebesar 50 °C. Nilai porositas tertinggi terdapat pada variasi temperatur *preheating* 150 °C yaitu sebesar 5.26336% dan yang terendah pada 350 °C yaitu sebesar 3.5867333%. Penyebab dari hal ini adalah karena perbedaan temperatur penuangan logam cair dan temperatur cetakan

permanen yang semakin rendah, sehingga membuat waktu solidifikasi dari logam semakin lama. Solidifikasi yang lambat membuat logam cair memiliki waktu yang cukup untuk terdistribusi secara merata, sehingga menghasilkan *pulley* yang padat dan memiliki porositas yang sedikit. Selain itu, lamanya waktu solidifikasi juga dapat mengurangi kelarutan gas hidrogen di dalam logam cair. Waktu solidifikasi lambat dapat mempermudah aliran dari logam cair itu sendiri. Jika waktu solidifikasinya cepat, maka kemungkinan gas-gas hidrogen dalam logam cair semakin besar. Dikarenakan temperatur cetakan yang berbeda jauh dari temperatur penuangan, atau dengan kata lain cetakan yang dingin, membuat logam cair langsung membeku. Maka dari itu, perlu nilai ΔT yang cukup jauh agar terdapat penyebaran dan perpindahan panas yang cukup.

4.6.2 Pengaruh Temperatur *Preheating* Cetakan terhadap Mikrostruktur

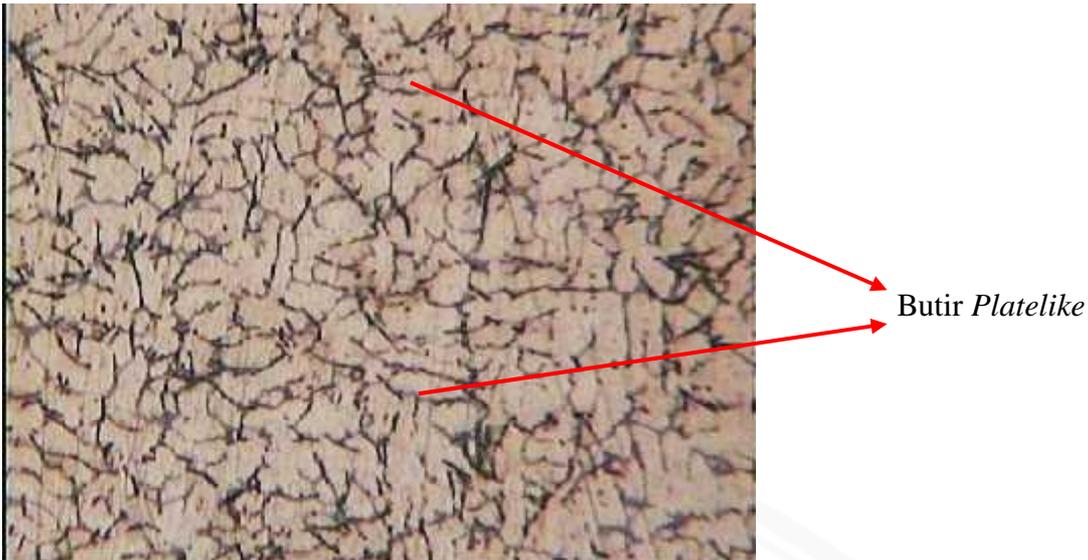


(a)

(b)

Gambar 4.6 Perbandingan mikrostruktur Al-Zn (a) ASM Handbook (b) Hasil penelitian
Sumber: ASM Handbook Vol. 9 (2004)

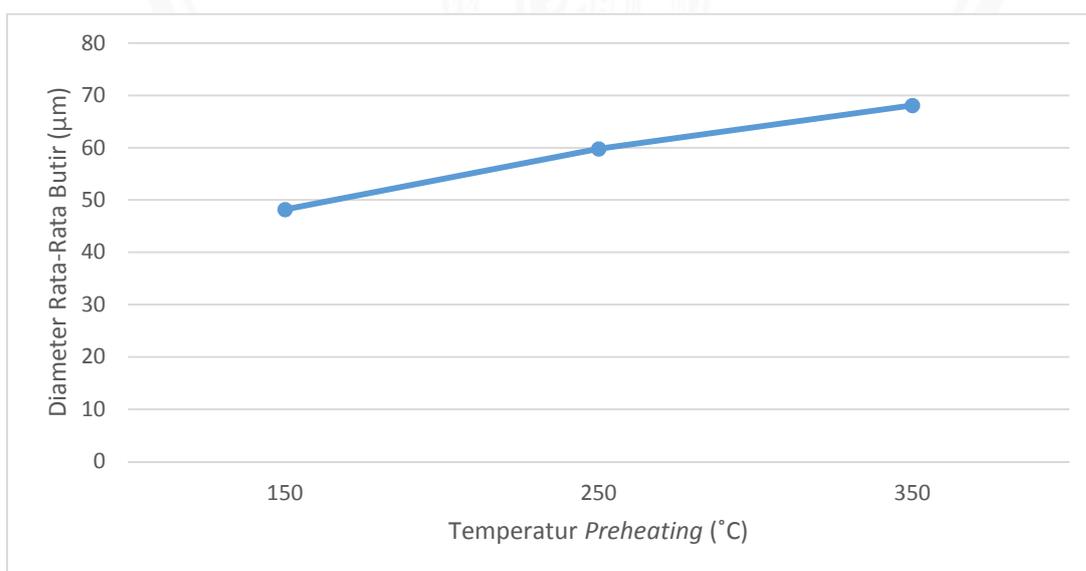
Kedua gambar di atas merupakan hasil foto mikrostruktur dari logam hasil coran Al-Zn yang difoto dengan mikroskop perbesaran 100x dan dietsa menggunakan 0.5% HF. Gambar 4.5 (a) merupakan standar untuk mikrostruktur Al-Zn menurut ASM, sementara Gambar 4.5 (b) adalah mikrostruktur dari hasil penelitian dengan variasi temperatur 250 °C. Dapat dilihat bahwa struktur butiran pada kedua gambar tersebut memiliki kesamaan, hanya saja jumlah dan ukuran butirnya berbeda. Hal ini disebabkan karena penambahan variasi temperatur *preheating* pada penelitian dan jumlah komposisi dari Zn dan unsur lain yang berbeda, sehingga menyebabkan jumlah butir yang lebih banyak dan ukuran butir yang lebih kecil.



Gambar 4.7 Foto mikrostruktur 150 °C dengan perbesaran 200x

Selanjutnya, menurut Van Vlack (1989) bentuk butir dapat diklasifikasikan menjadi bentuk *equiaxed*, *platelike*, *columnar* dan *dendritic*. Bentuk butiran yang terbentuk dipengaruhi oleh pertumbuhan butir saat logam cair mengalami solidifikasi. Pada penelitian ini, ditemukan bahwa bentuk dari hasil foto mikrostruktur mayoritas berbentuk *platelike* (pipih).

Berdasarkan Gambar 4.1 , ditemukan bahwa seiring dengan penambahan temperatur *preheating* cetakan maka struktur butir semakin tidak teratur. Sementara itu, jumlah butiran yang terbentuk akan semakin sedikit. Sedangkan untuk ukuran atau diameter butirnya akan semakin besar, seperti grafik berikut.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh temperatur *preheating* terhadap diameter rata-rata butir

Bertambahnya diameter rata-rata butir seiring dengan bertambahnya temperatur *preheating* ini disebabkan oleh waktu solidifikasi yang berbeda-beda pada setiap variasi. Perbedaan temperatur antara temperatur *preheating* cetakan dan temperatur penuangan logam cair yang terlalu rendah, membuat waktu solidifikasi semakin cepat, sehingga butiran yang terbentuk tidak memiliki cukup waktu untuk berkembang. Hal tersebut menyebabkan butiran yang terbentuk memiliki ukuran yang cenderung kecil dan kemudian berpengaruh pada diameter dari butiran yang juga semakin kecil.

