

**BAB IV**

**ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Data dan Perhitungan Hasil Pengujian**

**4.1.1. Data Hasil Pengujian Distribusi Kekerasan**

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kekerasan *Vickers* (VHN) seperti pada tabel 4.1. Dalam pengujian sampel yang diambil untuk perbandingan proses *cold compacting* dan *hot compacting* yaitu segmen 1, segmen 2, dan segmen 3. Pada tiap segmen sampel masing-masing dilakukan tiga kali pengulangan di titik yang berbeda pada permukaan uji kekerasan. Nilai kekerasan diperoleh dengan cara mencari rata-rata nilai kekerasan pada tiap sampel

Tabel 4.1 data hasil pengujian kekerasan *Vickers*

Ketebalan	Pengulangan	Kekerasan Daerah titik uji <i>cold compacting</i>			Kekerasan Daerah titik uji <i>hot compacting</i>		
		Segmen	Segmen	Segmen	Segmen	Segmen	Segmen
		1	2	3	1	2	3
3 mm	1	31,08	19,48	87,11	73,06	70,56	90,55
	2	40,78	20,17	37,85	89,84	72,3	79,33
	3	48,17	67,96	23,6	69,6	29,2	80,21
Jumah		120,03	107,61	148,56	232,5	172,06	250,09
Rata – rata		40,01	35,87	49,52	77,5	57,35	83,36
41,8					72,74		
6 mm	1	33,97	17,83	38,23	62,35	56,02	122,1
	2	14,22	25,02	70,08	146,9	57,59	90,55
	3	72,3	27,62	14,47	80,5	69,84	103,1
Jumah		120,49	70,47	122,78	289,75	183,45	315,75
Rata – rata		40,16	23,49	40,93	96,58	61,15	105,25
34,86					87,66		

## 4.1.2. Data dan Perhitungan Prosentase Porositas

### 4.1.2.1. Perhitungan *True density*

Untuk menghitung *true density* dengan tahapan:

- Data densitas unsur diperoleh dari tabel unsur.
- Data prosentase berat unsur diperoleh dari hasil uji komposisi menggunakan *Optical Emission Spectrometer*.

Tabel 4.2 Densitas Unsur (g/cm<sup>3</sup>)

Densitas Unsur (g/cm <sup>3</sup> )											
Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni	Ti	Pb	Sn
2.7	2.33	7.87	8.89	7.3	1.81	7.14	7.15	8.9	4.51	11.33	7.29

Data hasil dihitung menggunakan standar ASTM E252-84 rumus (2.8):

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \left( \frac{\%Al}{\rho_{Al}} \right) + \left( \frac{\%Cu}{\rho_{Cu}} \right) + \left( \frac{\%Fe}{\rho_{Fe}} \right) + etc. \right\}}$$

$$\rho_{th} = \frac{100}{Total A}$$

$$\rho_{th} = \frac{100}{35.52747}$$

$$\rho_{th} = 2.815 \text{ g/cm}^3$$

### 4.1.2.2 Perhitungan *Apparent density*

Data hasil penimbangan sampel menggunakan metode piknometri dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data Penimbangan sampel dan keranjang (g)

Ketebalan	Pengulangan	<i>Cold compacting</i>			<i>Hot compacting</i>		
		Ws	Wb	Wsb	Ws	Wb	Wsb
3 mm	1	38,55	11,52	32,03	39,84	11,52	34,19
	2	38,55	11,52	32,52	39,84	11,52	34,5
	3	38,55	11,52	32,45	39,84	11,52	34,8
	Rata-rata	38,55	11,52	32,33	39,84	11,52	34,49

6 mm	1	37,27	11,52	31,3	39,81	11,52	33,91
	2	37,27	11,52	31,45	39,81	11,52	33,6
	3	37,27	11,52	31,3	39,81	11,52	34,6
	Rata-rata	37,27	11,52	31,35	39,81	11,52	34,04

Dari data diatas maka dapat diperoleh nilai *apparent density* dapat dilihat pada table 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data *Apparent density* ( $g/cm^3$ )

ketebalan	Pengulangan	<i>Cold compacting</i>	<i>Hot compacting</i>
3 mm	1	2,1300	2,3129
	2	2,1896	2,3554
	3	2,1809	2,3981
	Rata-rata	2,1668	2,3554
6 mm	1	2,1241	2,2779
	2	2,1425	2,2382
	3	2,1241	2,3719
	Rata-rata	2,1302	2,2960

Perhitungan densitas sampel menggunakan persamaan standar ASTM B311-93(2.8) pada data pengulangan pertama pada *cold compacting* ketebalan 3mm:

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

$$\rho_s = 0,9968 \frac{38,55}{38,55 - (32,03 - 11,52)} = 2,13 \text{ (} g/cm^3 \text{)}$$

#### 4.1.2.3 Presentase Porositas

Perhitungan prosentase porositas yang terjadi dapat diketahui dengan membandingkan densitas sampel atau *apparent density* dengan densitas teoritis atau *true density*. Hasil dari perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

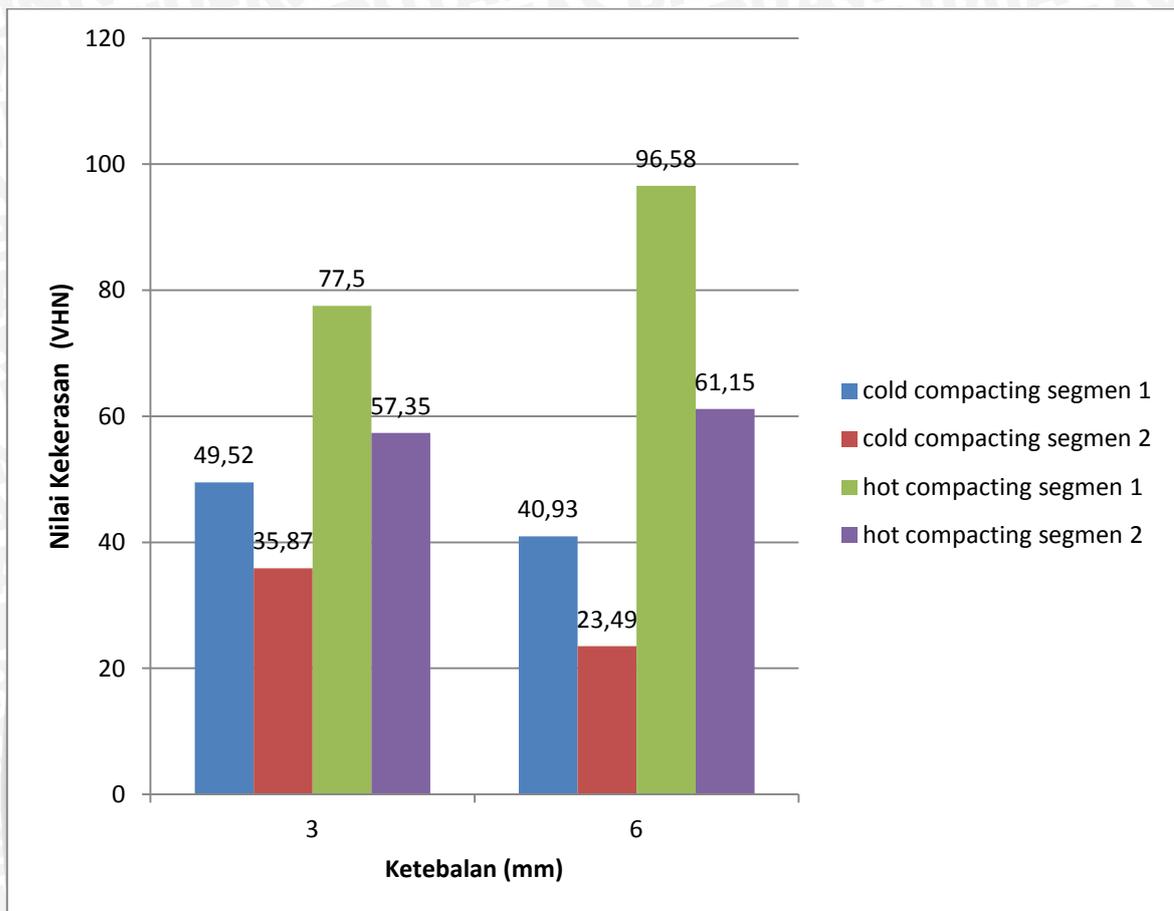
Tabel 4.5 Data Persentase porositas (%)

ketebalan	Pengulangan	<i>Cold compacting</i>	<i>Hot compacting</i>
3 mm	1	24,33	17,84
	2	22,22	16,33
	3	22,53	14,81
	Rata-rata	23,03	16,33
6 mm	1	24,54	19,08
	2	23,89	20,49
	3	24,54	18,44
	Rata-rata	24,32	19,34

Perhitungan prosentase porositas menggunakan data pengulangan pertama pada *cold compacting* ketebalan 3mm dengan menggunakan rumus 2.10:

$$\begin{aligned}
 \% P &= \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}}\right) \times 100\% \\
 &= 1 - \frac{2.13}{2.815} \times 100\% \\
 &= 24,33 \%
 \end{aligned}$$

## 4.2 Pembahasan



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh proses *compacting* terhadap nilai kekerasan

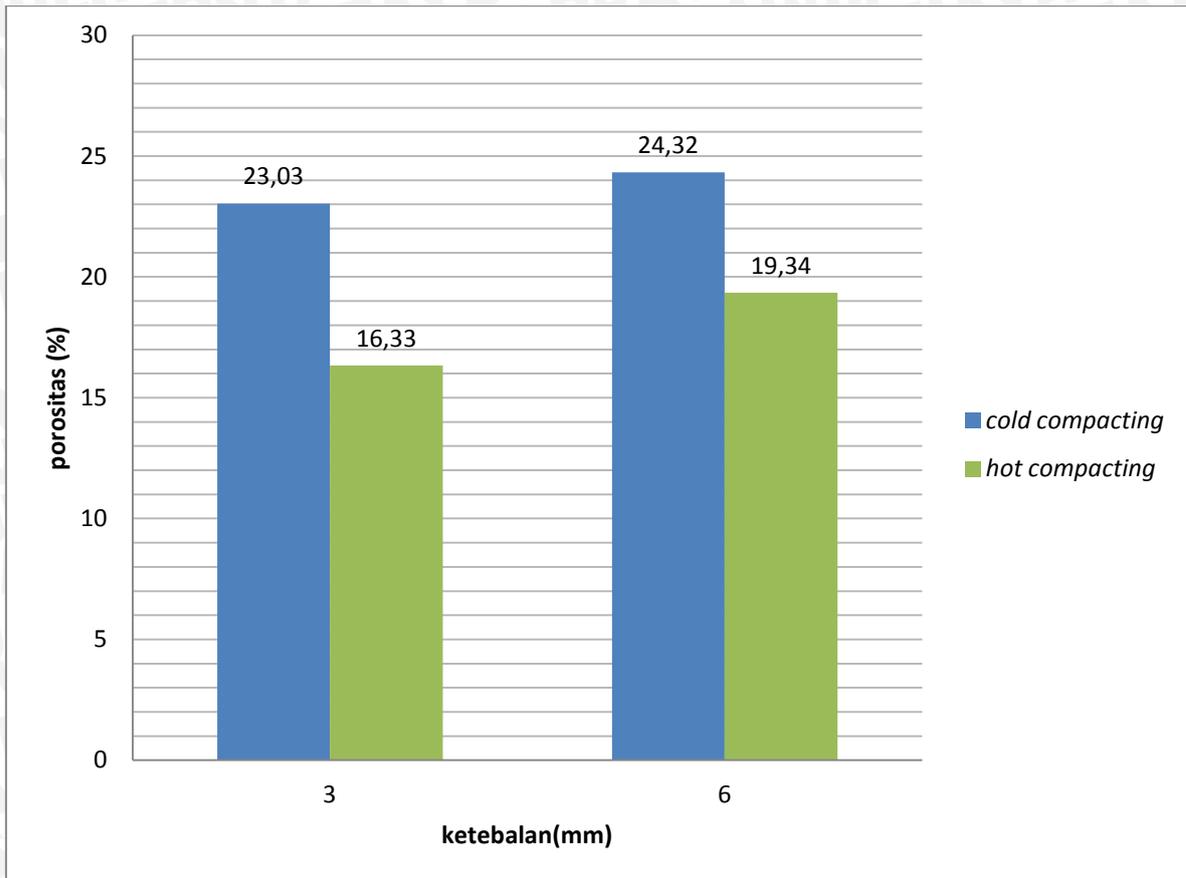
Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh proses *compacting* terhadap nilai distribusi kekerasan spesimen. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai berkisar antara paling rendah 23,49 VHN dan nilai paling tinggi 96,58 VHN. Pada proses *cold compacting* 3mm terlihat nilai distribusi kekerasan spesimen ialah 35,87 VHN- 49,52 VHN dan pada proses *cold compacting* 6mm nilai distribusi kekerasannya ialah 23,49 VHN- 40,93 VHN. Pada proses *hot compacting* 3mm nilai distribusi kekerasan berkisar 57,35 VHN- 77,5 VHN dan untuk proses *hot compacting* 6mm nilai distribusi kekerasan berkisar 61,15 VHN- 96,58 VHN. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai kekerasan suatu spesimen sangat dipengaruhi oleh proses *compacting*.

Pada proses *cold compacting* nilai distribusi kekerasan rata-rata 41,8 VHN dan 34,86 VHN untuk ketebalan 3mm dan 6mm, sedangkan untuk proses *hot compacting* nilai distribusi kekerasan rata-rata 72,74 VHN dan 87,66 VHN. Proses *cold compacting* memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan proses *hot compacting*, hal ini dikarenakan pada proses *hot compacting* proses penekanannya dilakukan pada suhu

tinggi sehingga membantu serbuk untuk melakukan proses *sintering* secara lebih maksimal. Penekanan pada suhu *sintering* akan menyebabkan partikel alumunium dan partikel tembaga bergerak mengisi ruang kosong didalam campuran. Sehingga menghasilkan luas bidang kontak(*interface*) antara butir bertambah besar. Dan ikatan antar butir akan bertambah kuat. Dengan demikian kekerasan dan sifat-sifat mekaniknya juga akan meningkat.

Berbeda dengan proses *cold compacting* yang pemadatan serbuknya hanya dilakukan pada suhu kamar. Meskipun nantinya akan dilakukan proses *sintering* juga tapi proses *sintering*nya akan menjadi kurang maksimal karena hanya akan menguapkan gas-gas yang terperangkap disekitar partikel tetapi tidak merubah kerapat partikel secara maksimal. Hal ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa proses *sintering* akan menguapkan gas-gas dan akan menyebabkan bersatunya partikel.

Pada segmen 2 memiliki kekerasan yang paling rendah dibanding segmen 1 yaitu pada *cold compacting* 3mm, 6mm dan *hot compacting* 3mm, 6 mm masing-masing memiliki kekerasan 35,87 VHN, 23,49 VHN, 57,35 VHN, dan 61,15 VHN. Hal ini disebabkan karena pada segmen 2 tidak menerima penekanan dari punch secara langsung seperti yang terlihat pada gambar 3.8 dimana letak segmen 2 berada pada bagian tengah bushing sehingga tekanan yang diberikan lebih rendah dari pada segmen 1, yang menyebabkan kemampatan partikel berkurang sehingga nilai kekerasannya menurun dan distribusi kekerasannya menjadi yang paling rendah. Pada penelitian kali ini peneliti mengambil data dari 3 segmen, namun dalam grafik hanya memasukkan 2 segmen, yaitu segmen 1 dan 2. Hal ini karena pada segmen 1 dan 3 memiliki nilai kekerasan yang hampir karena secara teori pada kedua segmen tersebut sama-sama menerima penekanan dari punch secara langsung maka bisa dikatakan bahwa nilai kekerasannya hampir sama. Meskipun pada data nilai kekerasannya tidak persis sama, hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan ketika pada waktu penekanan hanya menggunakan satu punch sehingga perlu di balik untuk memberikan tekanan pada sisi yang satunya. Yang menyebabkan nilai kekerasannya tidak persis sama.



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Temperatur *Sintering* terhadap Presentase Porositas

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh proses *compacting* terhadap porositas spesimen. Grafik menunjukkan nilai porositas terbesar berada pada *cold compacting* 6 mm dengan rata-rata 24,32% dan nilai porositas terkecil berada pada *hot compacting* 3 mm dengan rata-rata 16,33%.

Pada proses *cold compacting* nilai porositasnya lebih besar di banding dengan proses *hot compacting*, hal ini terjadi karena pada proses *cold compacting* penekanannya dilakukan pada temperatur ruang sehingga gas-gas yang terdapat pada celah-celah terperangkap semakin banyak akibatnya nilai porositasnya akan meningkat meskipun nantinya akan dilakukan proses sintering namun hal itu tidak akan berpengaruh cukup besar karena pada proses sintering hanya akan menguapkan gas-gasnya saja sehingga celah-celah akan tetap kosong. Berbeda dengan proses *hot compacting* dimana pada proses ini proses penekanannya dilakukan pada suhu tinggi sehingga bisa mengakibatkan celah-celah udara yang berisi berbagai gas disekitar partikel menjadi berkurang dengan cara penguapan bahkan cenderung menghilang dan

akan terisi oleh partikel-partikel, maka dihasilkan kerapatan atau *density* campuran yang akan semakin meningkat. Dengan demikian nilai porositasnya akan menurun.

Dari pembahasan grafik tersebut maka bisa disimpulkan bahwa nilai porositas paling tinggi terdapat pada proses *cold compacting* dengan rata-rata 23,08 %, sedangkan nilai porositas paling rendah terdapat pada proses *hot compacting* dengan rata-rata 17,84 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk pembuatan *bushing powder metallurgy* duralumin lebih baik menggunakan proses *hot compacting* dikarenakan memiliki nilai porositas yang rendah.

