



Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Dan Temperatur Sintering Pada Paduan Serbuk Besi dan Serbuk Arang Batok Kelapa Lokal Dengan Metode Metalurgi Serbuk Terhadap Nilai Densitas Dan Kekerasan

Angger Galang Yudha Pratama, Rizanul Dwi Rianto, Mastuki

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: anggergalangg@gmail.com , resarianto38@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia Sebelum proses pembentukan, serbuk digunakan sebagai material awal dalam metode produksi yang dikenal sebagai metalurgi serbuk. Metode ini bekerja dengan mendinginkan serbuk logam dan kemudian memanaskannya di suhu leleh. (Saiful, 2012). Akibat difusi atom di permukaan partikel logam, mekanisme transportasi massa menyebabkan partikel logam memadu. (Aisyah, et al., 2019). Sedang proses sintering yaitu proses konsolidasi serbuk pada temperatur tinggi yang di dalamnya termasuk juga proses penekanan atau kompaksi (Asyer Paulus, 2004). Material / bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk besi (*iron powder*) dengan zat arang (*carbon*). Memenuhi permintaan industri, serbuk besi digunakan, komponen berkualitas tinggi, karakteristik material, dan keuntungan dari serbuk besi (besi) harus dipertimbangkan, serta cara yang praktis untuk membuat produk. Proses metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah proses pembuatan produk dengan menggunakan bahan dasar serbuk yang kemudian di kompaksi dan di sintering. Dalam penelitian ini dibahas tentang variasi komposisi dan variasi temperatur sintering terhadap sifat mekanik material campuran serbuk besi (*iron powder*) lalu serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*) pada metalurgi serbuk. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk besi (*iron powder*) yang dicampur dengan serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*). dengan takaran serbuk besi (*iron powder*) sebesar 99%, 98%, 97% - arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*) sebesar 1%, 2%, 3% dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa ilustrasi. Sebagai perbandingannya menggunakan serbuk besi (*iron powder*) sebesar 100% dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa ilustrasi. lalu dikompaksi dengan tekanan 9000 Psi dengan waktu tahan 10 menit. Kemudian disintering pada temperatur 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan waktu tahan 90 menit. Setelah proses sintering selesai, setiap sampel diproses untuk penuaan pada temperature 900°C dengan waktu tahan 120 menit. Kemudian dilakukan pengujian densitas dan kekerasan. Untuk itu penelitian ini bertujuan agar mengetahui hasil dari pengujian terhadap nilai densitas dan nilai kekerasan pada gabungan serbuk besi (*iron powder*) lalu serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*).

Kata kunci: Metalurgi serbuk, Paduan *Iron Powder-Carbon*, Kompaksi, Sintering, Aging, Densitas, Kekerasan

ABSTRACT

In Indonesia, powder metallurgy is one of the production techniques using powder as the starting material before the forming process. The principle is to compact the metal powder into the desired shape and then heat it below the melting temperature (Saiful, 2012). So that the metal particles combine due to the mass transportation mechanism due to atomic diffusion between particle surfaces. (Aisyah, et al., 2019). While the sintering process is a powder consolidation process at high temperatures which also includes the process of pressing or compacting (Asher Paulus, 2004). The raw material used in this research is iron powder with charcoal (carbon). The use of iron powder aims to reduce production waste, reduce subsequent production costs, and get a practical way of producing objects. Quality components and consideration of material characteristics, as well as the benefits generated from iron powder materials will be needed to meet industrial needs. The powder metallurgy process is the process of making products using powder base materials which are then compressed and sintered. This study discusses the composition variation and sintering temperature variation on the mechanical properties of mixed materials of iron powder (iron powder) and Gresik local coconut shell charcoal powder (carbon) in powder metallurgy. The material used in this study is iron powder mixed with Gresik local coconut shell charcoal powder (carbon). with a dose of iron powder (iron powder) of 99%, 98%, 97% - Gresik local coconut shell charcoal (carbon) of 1%, 2%, 3% with the addition of zinc stearate adhesive 5% of the mass weight of the specimen. In comparison using iron powder (iron powder) by 100% with the addition of zinc stearate adhesive 5% of the mass weight of the specimen. then compressed with a pressure of 9000 Psi with a holding time of 10 minutes. Then sintered at temperatures of 900 °C, 1000 °C and 1100 °C with a holding time of 90 minutes. After completion of the sintering process, the aging process was carried out on all samples at 900 °C with a holding time of 120 minutes. Then density and hardness testing was carried out. For this reason, this study aims to determine the results of testing the density value and hardness value of the alloy of iron powder (iron powder) and Gresik local coconut shell charcoal powder (carbon).

Keywords: Powder metallurgy, Iron Powder - Carbon Alloys, Compaction, Sintering, Aging, Density, Hardness.

PENDAHULUAN

Proses metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah proses pembuatan produk dengan menggunakan bahan dasar serbuk yang kemudian di kompaksi dan sintering. Dalam penelitian ini dibahas tentang variasi komposisi dan variasi temperatur sintering terhadap sifat mekanik material campuran serbuk besi (*iron powder*) lalu serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*) pada metalurgi serbuk. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk besi (*iron powder*) yang dicampur dengan serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*). dengan takaran serbuk besi (*iron powder*) sebesar

99%, 98%, 97% - arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*) sebesar 1%, 2%, 3% dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa spesimen. Ini dibandingkan dengan menggunakan serbuk besi (*iron powder*) sebesar 100% dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa ilustrasi. lalu dikompaksi dengan tekanan 9000 Psi dengan waktu tahan 10 menit. Kemudian disintering pada temperatur 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan waktu tahan 90 menit. Setelah sintering selesai, setiap sampel kemudian diproses untuk menua pada temperature 900°C dengan waktu tahan 120 menit. Kemudian dilakukan pengujian

densitas dan kekerasan. Untuk itu penelitian ini bertujuan agar mengetahui hasil dari pengujian terhadap nilai densitas dan nilai kekerasan pada gabungan serbuk besi (*iron powder*) lalu serbuk arang batok kelapa lokal Gresik (*carbon*).

PROSEDUR EKSPERIMEN

Pencampuran Serbuk (*mixing*)

Pencampuran serbuk adalah tahap pencampuran serbuk logam dengan serbuk logam lainnya, dan bahan lain juga dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk memberikan kualitas yang lebih baik. Definisi "pencampuran" adalah kombinasi serbuk dengan komposisi nominal yang selaras, digunakan untuk mendatangkan distribusi ukuran partikel yang diharapkan.

Serbuk besi (*Iron powder*) lalu Serbuk arang batok kelapa (*Carbon*) lalu penahanan Zinc stearate selaku perekat yang masing-masing massanya sudah ditimbang Serbuk besi (*Iron powder*) sejumlah 99%, 98%, 97% dengan penguat Serbuk arang batok kelapa (*Carbon*) sebanyak 1%, 2%, 3% serta zat perekat Zinc stearate 5% dari berat massa spesimen. Kemudian gunakan gelas ukur untuk menggabungkan kedua bahan tersebut manual menggunakan sendok kaca sampai tercampur dengan merata selama ± 2 menit.



Gambar 1. Subjek dan sistem pencampuran

Penekanan (Kompaksi)

Pencetakan teknik ini ke dalam proses. yang digunakan ini cold compression maupun kompaksi dengan kondisi dingin memanfaatkan hidrolik press. Kemudian sempel dimasukan ke cetakan (*die*) yang sebelumnya telah dipoles menggunakan autosol kemudian dibersihkan dengan kain bersih dan tissue untuk menghilangkan kerak dan kotoran yang ada dicetakan (*die*).

Proses kompaksi kombinasi serbuk besi (*iron powder*) dan karbon (arang batok kelapa) dengan menggunakan alat penekan hidrolik press dengan tekanan kompaksi 9000 Psi dengan tahan sewaktu sepanjang 10 menit pada semua spesimen untuk mendapatkan sampel yang terbentuk dan memperoleh kemampuan itu maksimal. Variasi komposisi pada spesimen kombinasi Serbuk besi (*Iron powder*) dan Serbuk arang batok kelapa (*Carbon*) serupa tekanan kompaksi 9000 Psi adalah sebagai berikut :

- *Iron powder* : 99%, 98%, 97%
- *Carbon* : 1%, 2%, 3%
- Zinc stearate : 5%

Perbandingan Serbuk besi (*Iron powder*) :

- *Iron powder* : 100%
- Zinc stearate : 5%



Gambar 2. Proses pencetakan spesimen

Pemanasan (Sintering)

Sintering adalah proses pemanasan bahan atau spesimen sampai titik leburnya, yang mengikat butiran-butiran. Proses sintering ini dilakukan dengan menggunakan furnace, alat oven, yang diatur pada suhu sintering tertentu dan dengan waktu tahan sintering yang sama selama sembilan puluh menit. Berikut ini adalah suhu sintering sampel yang digunakan:

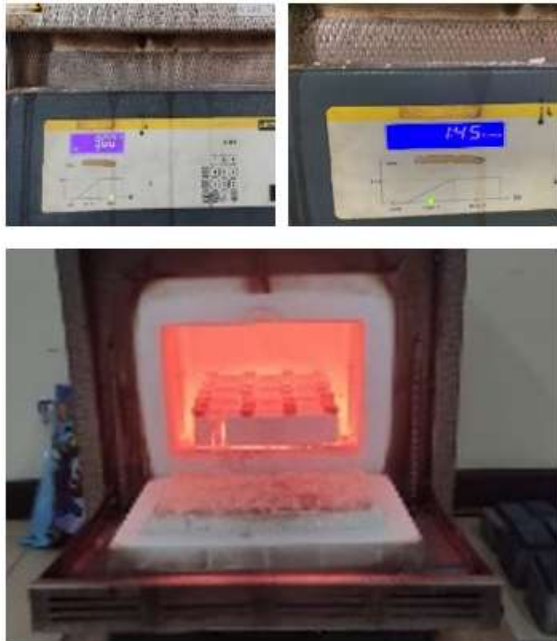
- A. Paduan Serbuk Besi (*Iron powder*)
 - Serbuk arang batok kelapa (*Carbon*) 99%, 98%, 97% - 1%, 2%, 3% dengan temperatur sintering :
 - a. 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan waktu tahan sintering selama 90 menit.
- B. Serbuk besi (*Iron powder*) 100% dengan variasi temperatur sintering :
 - a. 900°C, 1000°C dan 1100°C dengan waktu tahan sintering selama 90 menit.



Gambar 3. Proses sintering spesimen

Penuaan (*Aging*)

Endapan fase kedua terbentuk ketika larutan padat lewat jenuh yang tidak stabil untuk sementara waktu. Setelah membentuk endapan fasa transisi, Susunan fasa yang lebih stabil dibentuk setelah atom-atom yang ada bergerak. Semua sampel diproses dengan penuaan buatan (*artificial aging*) pada 900°C tahan lama dalam waktu 120 menit dan pendinginan normal, yang mempercepat endapan.



Gambar 4. Proses penuaan (Aging) spesimen

Pengujian Densitas

Pengujian densitas adalah pengujian yang menentukan kerapatan material dengan menggunakan massa jenis. Masa jenis adalah besaran fisik yang dapat dibandingkan massa (m) dengan volume (V). Metode Archimedes digunakan untuk mengukur kepadatan material padat atau curah. Rumus untuk menaksir massa jenis adalah bersumber definisi massa jenis. Maksudnya, berat objek persatuan volumenya:

$$\rho = \frac{m}{\pi \cdot r^2 \cdot t} \dots \dots \dots$$

Keterangan:

ρ = massa jenis (g/m³)

m = massa benda (g)

r² = jari-jari (mm)

t = tinggi (mm)

Contoh perhitungan:

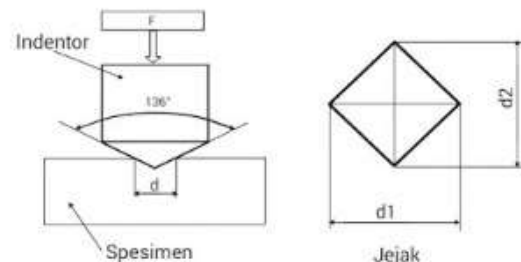
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{7,971}{(\pi \cdot r^2 \cdot t)} = \frac{7,971}{(3,14 \cdot 100 \cdot 6,95)} = \frac{7,971}{2182,3} = 0,003653 \times 1000 = 3,653 \text{ g/cm}^3$$



Gambar 5. Pengujian densitas

Pengujian Kekerasan Micro Vickers

Pengujian kekerasan micro vickers dilakukan dengan mesin kekerasan Mitutoyo HM-200, dengan load 100 gf dan waktu penekanan 10 detik untuk indenter. Setelah perlakuan panas, sifat mekanis sampel ditentukan melalui pengujian ini.



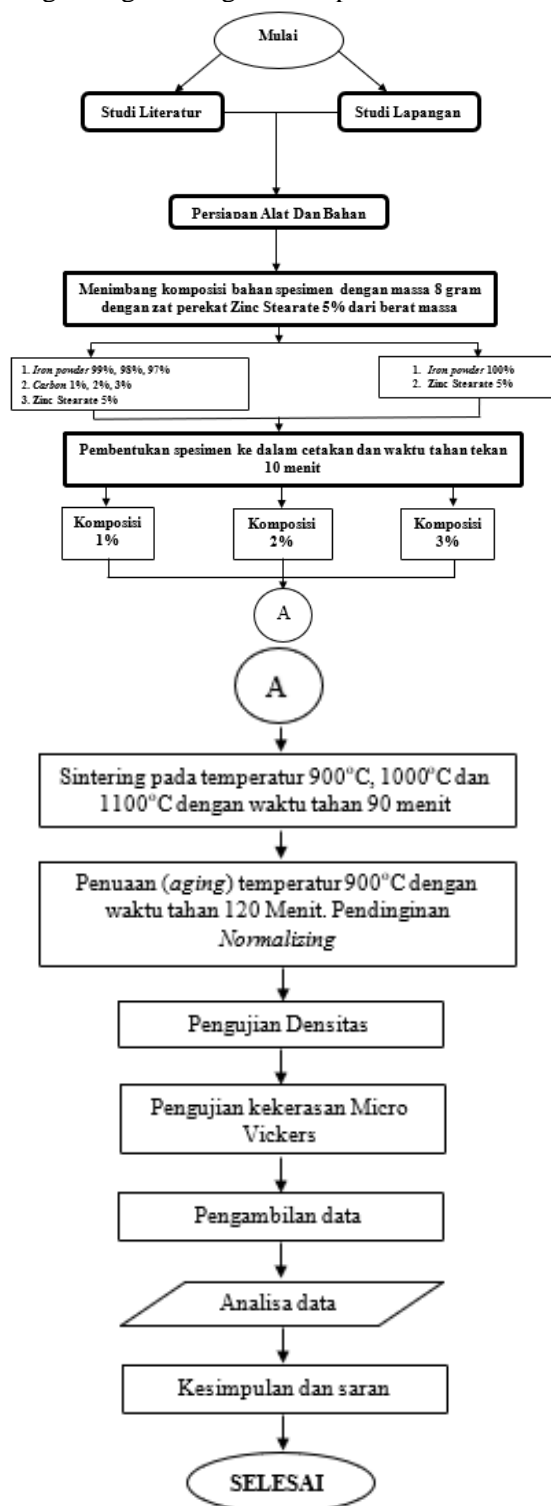
Pengujian Vickers (ASTM E284)



Gambar 6. Pengujian micro vickers

Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir. Langkah ini ditunjukkan sebagai langkah diagram alir penelitian :



Gambar 7. Daigram alir penelitian

Diagram alir digunakan untuk menggambarkan penelitian yang dilakukan

secara berurutan dengan langkah langkah – langkah yang dilakukan pada pelaksanaan suatu penelitian seperti pada gambar 3.1 antara lain sebagai berikut :

1. Mulai
 - Memulai untuk melakukan sebuah penelitian
2. Studi Literatur dan studi bidang:
 - a. Untuk memberikan referensi tentang sumber dan teknik pengumpulan data dalam penelitian, literatur penelitian dibaca, dicatat, dan diolah.
 - b. Dalam penelitian ini, studi lapangan menggunakan teknik pengumpulan data untuk mengamati secara langsung di lokasi kegiatan.
3. Persediaan Alat dan Bahan
 - Menyediakan materiil, peralatan, lalu bahan apa yang digunakan selama sepanjang studi.
4. Menimbang bahan dengan komposisi setiap sampel 8 gram :
 - a. Penimbangan dan pencampuran pada paduan unsur serbuk besi (*iron powder*) 99%, 98%, 97% - serbuk arang batok kelapa (*carbon*) 1%, 2 %, 3%. Dan zat perekat zinc stearate 5%.
 - b. Penimbangan pada unsur serbuk besi murni 100% dan zat perekat zinc stearate 5% sebagai perbandingan pada sampel paduan *Iron Powder-Carbon*
5. Pembentukan spesimen kedalam cetakan dengan tekanan kompaksi yang digunakan sebesar 9000 Psi, dan proses sintering :
 - a. Waktu tahan tekan selama 10 menit dan waktu tahan sintering selama 90 menit.
 - b. Variasi komposisi yang digunakan serbuk besi (*iron powder*) 99%, 98%, 97% - serbuk arang batok kelapa (*carbon*) 1%, 2 %, 3%.

- c. Variasi suhu sintering 900°C, 1000°C, 1100°C.
6. Pengujian dan pengambilan data
 Dalam proses pengujian dan pengambilan data, yang mencakup:
 - a. Densitas
 Test densitas dilakukan untuk menentukan besarnya nilai kerapatan suatu material.
 - b. Kekerasan
 Pengujian kekerasan menggunakan instrumen uji micro Vickers
7. Analisa Data
 Hasil tes dianalisis.
8. Kesimpulan Dan Saran
 Hasil analisis data dan diskusi tentang hasil pengujian dapat digunakan untuk membuat kesimpulan tentang penelitian dan menulis penelitian selanjutnya.
9. Usai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses kompaksi dan sintering serbuk besi dengan campuran serbuk arang batok kelapa (*Iron powder* 99%, 98%, 97% - *Carbon* 1%, 2%, 3%) dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa ilustrasi. Selaku perbandingannya menggunakan serbuk besi (*iron powder*) sebesar 100% dengan menyertakan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa ilustrasi. Lalu dikompaksi 9000 Psi, dengan waktu tahan sepuluh menit pada suhu sintering yang dapat berubah menjadi 900°C, 1000°C, dan 1100°C, dengan waktu tahan sintering masing-masing selama 90 menit. Data penelitian ini meliputi temuan pengamatan nilai densitas dan kekerasan sebagai berikut:

Tabel 1. Kodevikasi spesimen *Iron Powder-Carbon*

Kompaksi 9000 Psi						
Temperatur (°C) Komposisi (%)	900 °C		1000 °C		1100 °C	
	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>
99% - 1%	A1		B1		C1	
	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)
	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>
98% - 2%	A2		B2		C2	
	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)
	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>
97% - 3%	A3		B3		C3	
	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)
	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Carbon</i>

Tabel 2. Kodevikasi spesimen *Iron Powder* 100%

Kompaksi 9000 Psi						
Temperatur (°C) Komposisi (%)	900 °C		1000 °C		1100 °C	
	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>
<i>Iron powder</i> 100%	A4		A5		A6	
	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)	(a)	(b) (c)
	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>	<i>Iron powder</i>

Keterangan kodevikasi :

Iron Powder = 99%, 98%, 97%

Carbon = 1%, 2%, 3%

Iron Powder = Serbuk Besi

(a) = Ilustrasi 1

(b) = Ilustrasi 2

(c) = Ilustrasi 3

(1) = Tekanan 9000 Psi (*Iron powder* 99% - *Carbon* 1%)

(2) = Tekanan 9000 Psi (*Iron powder* 98% - *Carbon* 2%)

(3) = Tekanan 9000 Psi (*Iron powder* 97% - *Carbon* 3%)

(4) = Kompaksi 9000 Psi (*Iron powder* 100%)

(5) = Kompaksi 9000 Psi (*Iron powder* 100%)

(6) = Kompaksi 9000 Psi (*Iron powder* 100%)

(A) = Temperature 900°C

(B) = Temperature 1000°C

(C) = Temperature 1100°C

A1 = Serbuk besi 99% - *Carbon* 1%
 Temperature Sintering 900°C

A2 = Serbuk besi 98% - *Carbon* 2%
 Temperature Sintering 900°C

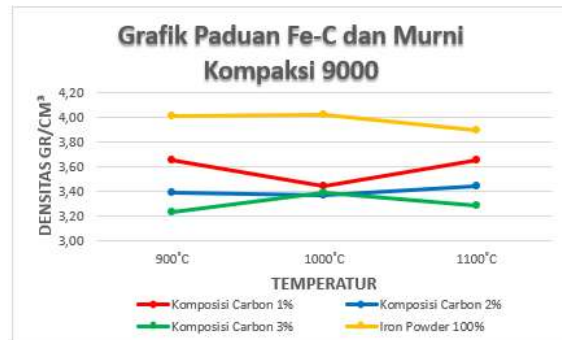
A3 = Serbuk besi 97% - *Carbon* 3%
 Temperature Sintering 900°C

- B1 = Serbuk besi 99% - Carbon 1%
Temperature Sintering 1000°C
- B2 = Serbuk besi 98% - Carbon 2%
Temperature Sintering 1000°C
- B3 = Serbuk besi 97% - Carbon 3%
Temperature Sintering 1000°C
- C1 = Serbuk besi 99% - Carbon 1%
Temperature Sintering 1100°C
- C2 = Serbuk besi 98% - Carbon 2%
Temperature Sintering 1100°C
- C3 = Serbuk besi 97% - Carbon 3%
Temperature Sintering 1100°C
- A4a = Iron powder 100% Temperatur 900°C
- A4b = Iron powder 100% Temperatur 900°C
- A4c = Iron powder 100% Temperatur 900°C
- A5a = Iron powder 100% Temperatur 1000°C
- A5b = Iron powder 100% Temperatur 1000°C
- A5c = Iron powder 100% Temperatur 1000°C
- A6a = Iron powder 100% Temperatur 1100°C
- A6b = Iron powder 100% Temperatur 1100°C
- A6c = Iron powder 100% Temperatur 1100°C

Hasil Pengujian Densitas

Tabel 3. Perhitungan nilai rata-rata uji densitas

Komposisi	Kodevikasi	Suhu°C	m.r.t	Hasil	Hasil akhir	Rata-Rata	
1%	A1	900°C	a	2182,3	0,003653	3,653	3,652
			b	2100,66	0,003643	3,643	
			c	2179,16	0,003660	3,660	
2%	A2		a	2326,74	0,003396	3,396	3,389
			b	2370,7	0,003375	3,375	
			c	2355	0,003397	3,397	
3%	A3		a	2446,06	0,003213	3,213	3,233
			b	2358,14	0,003249	3,249	
			c	2433,5	0,003239	3,239	
1%	B1	a	2270,22	0,003436	3,436	3,445	
		b	2235,68	0,003511	3,511		
		c	2270,22	0,003388	3,388		
2%	B2	a	2376,98	0,003366	3,366	3,369	
		b	2342,44	0,003399	3,399		
		c	2132,06	0,003342	3,342		
3%	B3	a	2433,5	0,003275	3,275	3,387	
		b	2402,1	0,003319	3,319		
		c	2241,96	0,003567	3,567		
1%	C1	a	2194,86	0,003644	3,644	3,654	
		b	2157,18	0,00369	3,690		
		c	2198	0,003628	3,628		
2%	C2	a	2323,6	0,003443	3,443	3,443	
		b	2285,92	0,003414	3,414		
		c	2304,76	0,003471	3,471		
3%	C3	a	2417,8	0,003296	3,296	3,289	
		b	2436,64	0,003272	3,272		
		c	2424,08	0,003299	3,299		
MURNI	A4	900°C	a	1987,62	0,004025	4,025	4,017
			b	1975,06	0,004051	4,051	
			c	2012,74	0,003975	3,975	
	A5	1000°C	a	1993,9	0,004012	4,012	4,021
			b	1987,62	0,004024	4,024	
			c	1984,48	0,004026	4,026	
	A6	1100°C	a	2150,9	0,003681	3,681	3,898
			b	1993,9	0,003974	3,974	
			c	1962,5	0,004039	4,039	



Gambar 6. Grafik perhitungan rata-rata kompaksi 9000 terhadap nilai densitas

Pada gambar 6 grafik menunjukkan pada komposisi 2% carbon di suhu 900°C pada spesimen paduan *iron powder – carbon*, spesimen mempunyai nilai rata –rata densitas 3,389 gr/cm³. kemudian seiring meningkatnya faktor di suhu, poin densitas pada sampel semakin menurun serupa yang ditunjukkan pada gambar 6. Namun pada komposisi 1% carbon, nilai densitas pada spesimen mengalami penurunan rata-rata densitas. Pada gambar 6, pada kasus komposisi 1% carbon, terjadi penurunan nilai densitas disebabkan karena proses pengeluaran spesimen pada cetakan mengalami keretakan pada sisi spesimen dan menciptakan rongga atau pori-pori pada spesimen sehingga mengakibatkan terjadi menurunnya nilai densitas terhadap komposisi. Pada paduan *iron powder – carbon* meangalami penurunan nilai densitas pada komposisi 3% dengan temperatur suhu sintering 1100°C.

Pada gambar 6 grafik hubungan temperatur terhadap nilai densitas *iron powder – carbon* menunjukkan pada komposisi 2% di temperatur 1000°C pada spesimen paduan *iron powder – carbon*, spesimen mendapatkan nilai rata-rata densitas 3,369 gr/cm³. Seiring dengan peningkatan variabel pada temprature, nilai densitas pada spesimen mengalami peningkatan ketika variabel pada meningkat gambar 6. Penurunan di komposisi 3% pada suhu sintering 1000°C - 1100°C mengalami penurunan nilai densitas seiring dengan naiknya tekanan yang di berikan. Faktor yang terjadi di lapangan adalah kurang meratanya proses pengadukan komposisi pada paduan

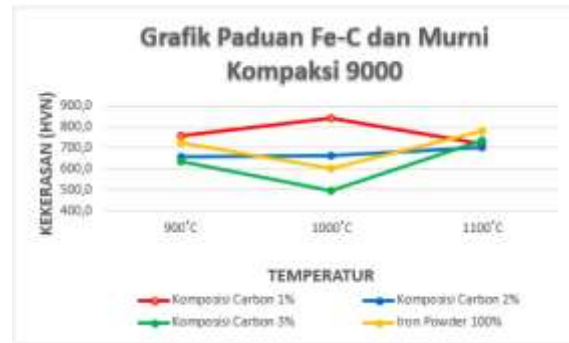
iron powder – carbon di sebabkan ada ketidaksamaan dalam ukuran butiran serbuk carbon pada saat proses sintering serbuk carbon kurang menyatu dengan baik dengan iron powder, maka menjadi turun angka terhadap densitas pada paduan iron powder – carbon.

Pada gambar 6 grafik hubungan komposisi terhadap nilai densitas iron powder 100% menunjukkan pada suhu sintering 900°C mendapat angka rerata densitas 4,017 gr/cm³. mengikuti atas temperatur suhu 1000°C mengalami kenaikan dengan nilai densitas 4,021 gr/cm³. Namun mengalami penurunan pada temperatur 1100°C nilai densitasnya seiring dengan naiknya suhu sintering yang diberikan. Mengingat hubungan komposisi iron powder 100% masih banyak pengotornya Gambar 6 menunjukkan lebih jelas.

Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 4. Perhitungan nilai rata-rata uji kekerasan (Micro Vickers)

Kompaksi	Waktu Tahan (menit)	Suhu* C	Komposisi	Kodevikasi	Nilai Kekerasan (HVN)	Rata-Rata			
9000	90	900°C	1%	A1	a	692,8	757,8		
					b	836,4			
					c	744,2			
			2%	A2	a	614,3		656,5	
					b	695			
					c	660,2			
			3%	A3	a	561,1			635,0
					b	664,5			
					c	679,3			
		1000°C	1%	B1	a	824,2	844,1		
					b	828			
					c	880,2			
			2%	B2	a	787,5		660,9	
					b	586,9			
					c	608,3			
			3%	B3	a	572			493,4
					b	586,6			
					c	321,7			
		1100°C	1%	C1	a	715,4	721,3		
					b	816,5			
					c	631,9			
			2%	C2	a	669,7		701,0	
					b	723,5			
					c	709,7			
3%	C3		a	802,6	736,8				
			b	747,5					
			c	660,2					
MURNI	900°C	A4	a	793,2		722,7			
			b	679,3					
			c	695,7					
	1000°C	A5	a	582,3			600,7		
			b	615,7					
			c	604,1					
1100°C	A6	a	864	780,5					
		b	817,7						
		c	659,8						



Gambar 7. Grafik perhitungan rata-rata kompaksi 9000 terhadap nilai uji kekerasan

Atas gambar grafik 7 pengaruh komposisi dan suhu sintering terhadap nilai kekerasan pada paduan iron powder – carbon dengan komposisi 2% tumbuh bersamaan dengan variabel komposisi yang diberikan. Namun pada komposisi 3% terjadi penurunan nilai kekerasan karena proses pengeluaran spesimen pada cetakan mengalami keretakan pada sisi spesimen dan menciptakan pori-pori atau rongga pada spesimen sehingga menimbulkan terjadi menurunnya nilai densitas terhadap komposisi. Dan ukuran butir yang kurang menyatu dengan penguat. Sehingga tercampurnya partikel iron powder – carbon kurang melekat dengan sempurna. Hal ini penyebab penurunan iron powder – carbon dengan komposisi 3% yang tampak pada gambar grafik 7. Paduan yang memiliki tingkat kekerasan tertinggi iron powder – carbon pada temperature 1000°C dikumpulkan pada komposisi 1%.

Terlihat pada gambar 7, pada spesimen iron powder 100% oleh temperature 900°C terjadi penurunan nilai kekerasan berkorelasi dengan variabel temperatur yang dikasihkan. Ini karena kurangnya temperature sedang begitu mode sintering agar partikel tidak mengalami perawatan panas yang sempurna, namun di temperatur 1000°C mengalami peningkatan nilai kekerasan.

Pada gambar grafik 7, paduan *iron powder – carbon* dengan komposisi 3% mengalami penurunan kekerasan. Pada temperatur 900°C nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan yaitu 635,0 HVN. Sedemikian di 1000°C memiliki rata-rata 493,4 HVN. Hal ini disebabkan pada proses pengeluaran spesimen pada cetakan mengalami keretakan pada sisi spesimen dan menghasilkan rongga atau pori-pori pada spesimen, yang menyebabkan terjadi menurunnya nilai densitas terhadap komposisi. Dan ukuran butir yang kurang menyatu dengan penguat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh komposisi dan temperatur sintering terhadap nilai densitas pada spesimen paduan *iron powder-carbon* arang batok kelapa dengan *iron powder* 100% menghasilkan banding. Gabungan *iron powder – carbon* dengan ragam pengaruh komposisi dan temperatur sintering sesuai nilai densitas, pada komposisi 1% temperatur 1100°C nilai rata-rata densitas tertinggi 3,654 gr/cm³. Dan nilai terendah terdapat pada komposisi 3% temperatur 900°C nilai rata-rata densitas terendah 3,233 gr/cm³. Sedangkan *iron powder* 100% dengan variasi pengaruh temperatur sesuai nilai densitas. Memiliki densitas tertinggi, yang berarti pada komposisi temperatur 1000°C dengan kompaksi 9000 Psi memiliki nilai rata-rata 4,021 gr/cm³. Untuk nilai terendah yaitu pada temperatur 1100°C kompaksi 9000 Psi memiliki nilai rata-rata 3,898 gr/cm³. Adapun selisih densitas tertinggi antara *iron powder – carbon* dengan *iron powder* 100% ialah 0,367 gr/cm³. Komposisi dan temperature sintering sangat mengubah nilai densitas. Ini juga berlaku untuk faktor ukuran butir yang memengaruhi nilai densitas.

Paduan *iron powder – carbon* dengan komposisi 2% mengalami kenaikan kekerasan. Dengan temperatur 900°C nilai kekerasan yang dihasilkan rata-rata adalah 656,5 HVN. Sedemikian atas 1100°C memiliki rata-rata 701,0 HVN. Nilai kekerasan yang didapatkan mengalami kenaikan dengan stabil dibanding dengan komposisi lainnya. Pengaruh komposisi dan temperature sintering dibandingkan dengan tingkat kekerasan spesimen paduan *iron powder – carbon* dengan *iron powder* 100% menghasilkan persamaan. Didapatkan campuran *iron powder – carbon* variasi pengaruh komposisi dan temperature sintering terhadap nilai kekerasan, pada komposisi 1% pada temperature 1000°C mendapatkan nilai kekerasan tertinggi 844,1 HVN, dan nilai terendah terdapat pada komposisi 3% pada temperature 1000°C yaitu 493,4 HVN. *iron powder* 100% mutasi pengaruh komposisi dan suhu sintering atas nilai kekerasan, memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi, yaitu 780,5 HVN pada suhu 1100°C, dan nilai terendah yaitu 600,7 HVN pada suhu 1000°C. Selisih kekerasan tertinggi antara *iron powder – carbon* dengan *iron powder* 100% yaitu 63,6 HVN. Komposisi dan temperature sintering sangat berdampak pada nilai kekerasan. Ini juga berlaku untuk faktor ukuran butir yang berdampak pada makna kekerasan.

REFERENSI

- American Society of Metal. 2016. "Powder Metallurgy." *Metals Handbook vol. 7*: 25–51.
- Budi, Esmar et al. 2012. "Seminar Nasional Fisika 2012 ARANG TEMPURUNG KELAPA Seminar Nasional Fisika 2012 ." : 62–66.
- Firdaus, Rizal, Gery Setiadi, and Riri Sadiana. 2020. "Pengaruh Temperatur Karburasi

Padat Terhadap Kekerasan Baja St 37 Dengan Media Arang Batok Kelapa.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 7(1): 23–31.

Suwanda, T., 2006. OPTIMALISASI TEKANAN KOMPAKSI, TEMPERATUR DAN WAKTU SINTERING TERHADAP KEKERASAN DAN BERAT JENIS ALUMINIUM PADA PROSES PENCETAKAN DENGAN METALURGI SERBUK. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 9(2), pp. 187198.

Prasetyo, Totok Susilo. 2016. “Pengaruh Waktu Sintering Dengan Variasi 60, 90, Dan 120 Menit Dengan Suhu 250°C Pada Pembuatan Brake Pad Dengan Matrik Phenolic Resin.”

Rusianto, Toto. 2009. “Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan.” *Jurnal Teknologi* 2(1): 89–95.

Saifullah, Ali, Murjito, and Daryono. 2018. “Analisa Tekanan Kompaksi Dan Waktu Sintering Terhadap Sifat Mekanik Pada Campuran Metalurgi Serbuk Besi (*Iron Powder*) Dengan Zat Arang (Karbon).” *Sentara* (eISSN (Online) 2527-6050): 152–59.

Sya’Ban, Qosim. 2017. “PENYERAPAN ION ALUMINIUM (Al) DAN BESI (*Iron powder*) DALAM LARUTAN SODIUM SILIKAT MENGGUNAKAN KARBON AKTIF .”

Tamado, Daniel et al. 2013. “Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa.” *Seminar Nasional Fisika*: 73–81.

ASTM E18-15. “Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials”