



**ANALISA TEKANAN KOMPAKSI DAN WAKTU TAHAN SINTERING
PADA PADUAN SERBUK BESI DAN SERBUK ARANG BATOK
KELAPA DENGAN METODE METALURGI SERBUK TERHADAP
DENSITAS DAN NILAI KEKERASAN**

Nugroho Ibnu Aziz, Rafli Ramadhana, Mastuki

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

ABSTRAK

Produksi baja Nasional sekarang mengalami kemajuan pesat, untuk mengembangkan teknologi banyak usaha yang harus dijalankan, dengan melahirkan karya baru yang memiliki daya guna tinggi dan biaya produksi yang ekonomis. Menggunakan metode metalurgi serbuk penelitian ini dilakukan untuk menganalisa paduan antara (*iron powder*) serbuk besi dengan campuran serbuk arang (*carbon*) batok kelapa (98%:2%) terhadap nilai densitas dan sifat kekerasan. Dalam hal ini variasi penekanan kompaksi yaitu 7000 Psi, 8000 Psi, dan 9000 Psi, dan memberi waktu tahan 10 menit, untuk temperatur sintering berada di suhu 1000 °C dan variasi waktu tahan saat sintering selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Dari hasil pengujian, variabel kompaksi mempengaruhi nilai densitas, seperti variabel waktu tahan 30 menit, ketika kompaksi semakin tinggi nilai densitasnya juga semakin meningkat. Pada waktu tahan 60 menit, semakin tinggi kompaksi yang diberikan nilai kekerasan juga meningkat, dengan tekanan kompaksi 7000 Psi, nilai kekerasan meningkat sejalan dengan lamanya waktu tahan yang diberikan.

Kata kunci: Metalurgi serbuk, Paduan Fe-C, Kompaksi, Waktu tahan sintering, Densitas, Kekerasan

ABSTRACT

National steel production is now progressing rapidly, to develop technology many efforts must be carried out, by producing new works that have high efficiency and economical production costs. Using the powder metallurgy method, this research was carried out to analyze the alloy (*iron powder*) of iron powder with a mixture of coconut shell carbon (98%:2%) on the value of density and hardness properties. In this case the variations in compaction pressure are 7000 Psi, 8000 Psi and 9000 Psi, and give a holding time of 10 minutes, for sintering temperature is 1000 °C and variations in holding time for sintering are 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. From the test results, the compaction variable affects the density value, such as the holding time variable of 30 minutes, when the compaction is higher the density value also increases. At a holding time of 60 minutes, the higher the compaction given the hardness value also increases, with a compacting pressure of 7000 Psi, the hardness value increases in line with the length of holding time given.

Keywords: *Powder metallurgy, Fe-C alloys, Compaction, Sintering holding time, Density, Hardness*

PENDAHULUAN

Produksi baja Nasional saat ini mengalami kemajuan pesat, untuk mengembangkan teknologi banyak usaha yang harus dijalankan, dengan melahirkan karya baru yang memiliki daya guna tinggi dan biaya produksi yang ekonomis. Dengan metode metalurgi serbuk dapat memadukan serbuk besi (*iron powder*) dengan campuran serbuk arang batok kelapa (*carbon*) untuk dimanfaatkan menjadi baja karbon.

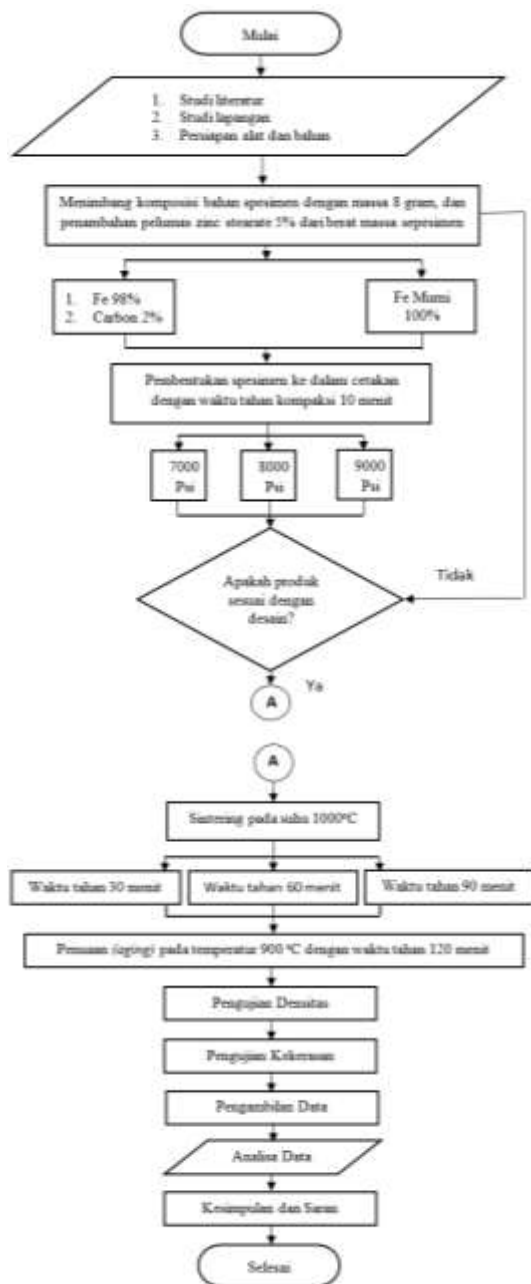
Baja karbon adalah suatu jenis ragam baja paduan yang terdapat kandungan unsur besi (Fe) dan karbon (C). Besi adalah unsur dasar dan unsur campuran dominan adalah karbon. Ditinjau dari mekanisme pembuatan baja akan didapati unsur kimia lain diantaranya yaitu sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia yang lain, tergantung sifat pada baja yang diinginkan. kandungan *Carbon* berfungsi sebagai unsur penguat untuk struktur baja. Baja karbon mempunyai kandungan unsur *carbon* dalam besi sebesar 0, 2% - 2, 14% (Sukma and Yusuf Umardani, ST 2012). Zat arang karbon juga mengandung bahan lignin, yaitu bahan yang menyebabkan timbulnya sifat kuat dan kaku yang memungkinkan karbon tersebut digunakan sebagai bahan campuran (*filler*) pada metalurgi serbuk untuk meningkatkan karakteristik serbuk besi (Wahid, 1999; Kalpakjian, 1989).

Powder metallurgy merupakan suatu jenis teknik produksi dengan bahan serbuk sebagai material awal sebelum proses pencetakan. Prinsip ini adalah menjadikan serbuk logam menjadi padat sesuai bentuk yang diinginkan dan selanjutnya dipanaskan di bawah temperatur leleh. Partikel-partikel logam akan memadu karena mekanisme perpindahan massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Dengan Metode metalurgi serbuk dapat mengontrol terhadap komposisi dan penggunaan campuran dengan teliti yang tidak dapat di fabrikasi dengan proses lain (Saifullah, Murjito, and Daryono 2018).

Dengan metode metalurgi serbuk dapat menciptakan material dengan sifat-sifat yang sesuai dengan maksud tertentu untuk menunjang pengembangan teknologi yang sekarang sangat pesat kemajuannya dan semakin modern, sebagai contoh produk yang dapat dihasilkan dengan metode metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah baja karbon yang dihasilkan dari paduan serbuk besi (*iron powder*) dan serbuk arang batok kelapa (*carbon*), baja karbon dapat dibedakan berdasarkan persentase komposisi kimia karbon yang ada pada baja, baja karbon dapat diaplikasikan sebagai bahan utama untuk penciptaan alat perkakas, bagian-bagian mesin, kerangka gedung, dan banyak hal. Dengan demikian inovasi baru harus diciptakan dan terus dikembangkan untuk meningkatkan teknologi, sehingga dapat mengurangi ketergantungan industri terhadap impor bahan yang bermutu.

Oleh karena itu metode metalurgi serbuk digunakan pada penelitian ini, dengan tujuan untuk menganalisa paduan *Iron powder* dan *Carbon* dengan komposisi campuran (98%:2%) untuk mengetahui pengaruh terhadap densitas dan kekerasan pada tekanan kompaksi sebesar 7000 Psi, 8000 Psi, dan 9000 Psi, kemudian ditahan selama 10 menit. Temperatur proses sintering menggunakan suhu 1000 °C dan untuk waktu tahan sintering dengan variasi 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.

PROSEDUR EKSPERIMEN



Persiapan alat dan bahan penelitian

Tahapan awal eksperimen ini adalah mempersiapkan alat dan juga bahan penelitian, agar penelitian sesuai dengan kajian eksperimen yang dilakukan dan juga mendapat hasil penelitian yang maksimal, dalam hal ini alat yang digunakan berbagai macam sesuai dengan proses yang akan dijalankan. Untuk bahan baku awal penelitian ini adalah (*iron powder*) Serbuk besi dan Serbuk Arang (*carbon*) batok kelapa, kedua serbuk dihaluskan dan diayak sampai

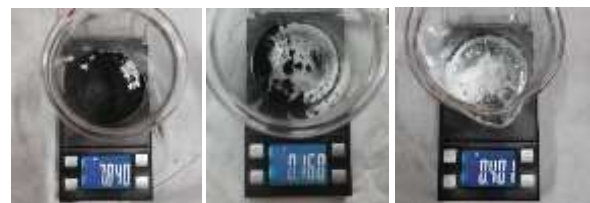
berukuran ≥ 200 mesh, pada penelitian ini juga menggunakan zinc stearat sebagai bahan pelumas.



Gambar 1. *Iron powder, Carbon, Zinc stearat*

Penimbangan komposisi bahan

Untuk mendapat hasil spesimen yang sesuai dengan rencana, proses penimbangan massa dilakukan dengan cermat sesuai dengan komposisi yang ditentukan, untuk itu penelitian ini menggunakan timbangan digital dengan gelas ukur sebagai wadah penimbangannya.



Gambar 2. Penimbangan komposisi bahan

Penimbangan dilakukan dengan komposisi sebagai berikut:

- a) Penimbangan pada paduan Fe-C
 Penimbangan bahan spesimen paduan Fe-C dengan massa 8 gram:
 - Besi (Fe) : 98%
 - Carbon (C) : 2%
 - Zinc Stearat 5% Dari massa spesimen (0,4 gr)
- b) Penimbangan pada Fe murni
 Penimbangan bahan spesimen Fe murni dengan massa 8 gram:
 - Besi (Fe) : 98%
 - Zinc Stearat 5% Dari massa spesimen (0,4 gr)

Pencampuran (*mixing*)

Serbuk Besi (*iron powder*) dan serbuk Arang (*cabon*) sesudah ditimbang mencapai massa 8 gram dengan komposisi serbuk Besi 98% dan serbuk Arang 2%. dilanjut dengan proses *mixing*, langkah ini dilakukan pada gelas ukur

dengan proses manual menggunakan sendok kaca sampai tercampur dengan merata selama ± 2 menit. Setelah paduan Fe dan carbon tercampur kemudian dilakukan pencampuran lagi dengan zinc stearat sebagai pelumas.



Gambar 3. Proses *mixing*

Penekanan (*kompaksi*)

Proses kompaksi semua sampel Fe paduan carbon dan Fe murni yang sebelumnya sudah dicampur dengan zinc stearat, selanjutnya dilakukan pemadatan, penekanan ini menggunakan alat hidrolik press yang sudah dicustom dengan indikator presure sehingga penekanan dapat dikontrol sesuai dengan variasi kompaksi yang telah ditentukan, proses tekan ini untuk menaikkan massa jenis spesimen yang awalnya masih dalam kondisi serbuk dimasukkan kedalam cetakan dan kemudian ditekan sampai berupa spesimen padat sehingga ikatan antar butir serbuk semakin kuat.



Gambar 4. Cetakan dan skema pemadatan



Gambar 5. Proses penekanan spesimen dengan alat hidrolik press

Variasi tekanan kompaksi yang digunakan yaitu:

- a) Paduan Fe – Carbon (98%:2%)
 - Kompaksi 7000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.
 - Kompaksi 8000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.
 - Kompaksi 9000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.
- b) Fe Murni
 - Kompaksi 7000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.
 - Kompaksi 8000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.
 - Kompaksi 9000 Psi, 10 menit waktu tahan tekan.



Gambar 6. *Green compact* dan massa spesimen setelah dikompaksi

Langkah-langkah proses pemadatan pada sampel adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan cetakan (*die*) dan hidrolik press.
2. Membersihkan bagian dalam cetakan menggunakan kain dan tisu.
3. Melumasi permukaan dalam cetakan dengan zinc stearat.
4. Memasukkan sampel yang sudah melalui proses pencampuran kedalam cetakan yang sebelumnya sudah dibersihkan dan terlumasi dengan zinc steara.
5. Meletakkan cetakan (*die*) yang sudah terisi sampel pada hidrolik press.
6. Memberikan tekanan dengan tuas pada hidrolik press sesuai variasi kompaksi dengan melihat nilai tekanan pada indikator hidrolik prees.

7. Ketika sudah mencapai tekanan yang sesuai, kemudian ikompaksi ditahan dengan waktu yang ditentukan.
8. Setelah selesai dilakukan penekanan spesimen dikeluarkan dari cetakan, kemudian dimasukkan plastik klip yang sudah diberi label sesuai variasi.

Sintering

Green compact merupakan spesimen hasil pemadatan, dimana kondisi serbuk belum memadu dengan sempurna, sehingga perlu dilakukan proses homogenisasi partikel dengan memanaskan pada temperatur sintering yaitu diantara 70% sampai 90% titik lebur bahan, agar partikel antar serbuk saling mengikat. Proses sintering dilakukan menggunakan tungku pembakaran (*furnace*) pada temperature sintering 1000°C dengan waktu tahan sintering yang divariasikan sebagai berikut:

- a) Paduan Fe – Carbon (98%:2%)
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 30 menit.
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 60 menit.
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 90 menit.
- b) Fe Murni
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 30 menit.
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 60 menit.
 - Temperatur sintering 1000°C diberi waktu penahanan 90 menit.



Gambar 7. Proses sintering

Penuaan (Aging)

Untuk mendapatkan sifat mekanik yaitu kekerasan yang diinginkan, perlu dilakukan

penuaan pada spesimen setelah melalui proses sintering, hal ini dilakukan agar unsur paduan kedua bahan membentuk endapat fasa kedua yang lebih stabil setelah sebelumnya melalui proses sintering. Proses penuaan dilakukan dengan memanaskan semua sampel kedalam tungku (*furnace*) , untuk temperatur berada pada suhu 900°C lalu ditahan selama 120 dengan pendinginan lambat (*normalizing*).



Gambar 8. Proses penuaan (*aging*)

Densitas

Untuk mencari nilai kerapatan produk hasil penelitian yaitu dengan melakukan pengujian densitas, atau bisa disebut mengukur massa jenis. Tujuan utama pengujian ini yaitu untuk dapat mengerti berapa besar variasi kompaksi yang diberikan dapat berpengaruh pada nilai densitas dan juga untuk menganalisa hasil spesimen setelah diberikan waktu tahan sintering yang berbeda. Ada beberapa metode pengujian densitas, pada penelitian ini menggunakan perhitungan massa persatuan volume, dengan menimbang massa sampel dan juga mengukur dimensinya sehingga dapat dicari massa jenisnya dengan perhitungan $\rho = m / V$.

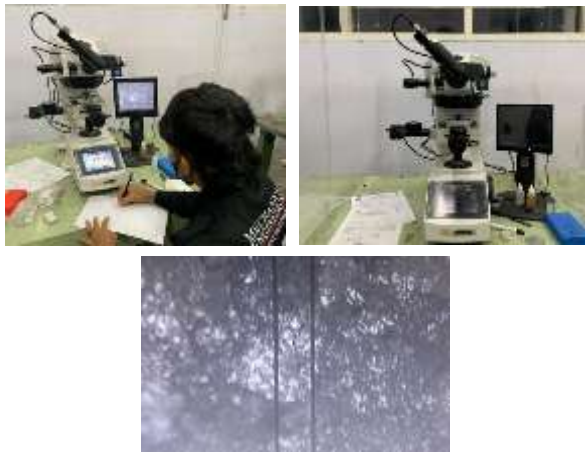


Gambar 9. Pengujian densitas

Kekerasan

Micro Vickers hardness test digunakan dalam uji kekerasan pada penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik hasil eksperimen paduan Fe-C. Pada penerapannya pengujian spesimen dilakukan dengan indenter mata

intan berbentuk piramida. Dengan gaya tekan indenter terhadap benda uji akan menghasilkan sebuah jejak atau bekas yang berbeda-beda luasnya tergantung kekerasan material uji, dari bekas yang terdapat pada permukaan material, selanjutnya dicari diagonal dari benda uji menggunakan mikroskop untuk dapat dihitung nilai kekerasannya. Alat yang digunakan yaitu micro hardness mitutoyo HM-200 dengan beban uji 100 gf dan lama waktu penekanan 8 detik.

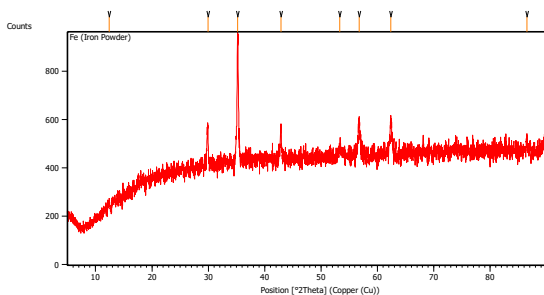


Gambar 10. Proses pengujian kekerasan, alat uji dan jejak uji pada spesimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji XRD Serbuk Besi (Iron powder)

Pengujian XRD bahan dilakukan untuk memastikan kandungan yang ada pada bahan serbuk penelitian yaitu besi, pengujian XRD ini menggunakan Diffractometer Type XPert MPD dengan panjang gelombang CuK α 1.54060 Å, pengujian ini juga bertujuan untuk identifikasi fasa dari Serbuk Besi (Iron powder), sampel serbuk besi yang dipakai untuk penelitian berasal dari malang, ukuran serbuk ≥ 200 mesh.



Gambar 11. Hasil XRD serbuk besi

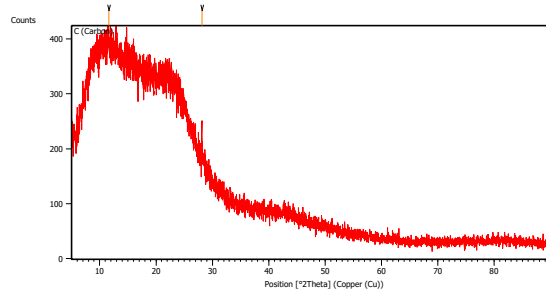
Dari identifikasi menggunakan software Match, terdapat fasa dominan terkandung pada serbuk besi (Iron powder) yaitu (Fe_{1.8} Mg O₄ Sc_{0.2}), pada Fasa itu terkandung 4 unsur/atom yang terdiri dari Besi (Fe) dengan persentase 50,8%, Oksigen (O) dengan persentase 32,4%, Magnesium (Mg) dengan persentase 12,3% dan Skandium (Sc) dengan persentase 4,5%. Sehingga dapat di simpulkan bahwa serbuk besi (Iron powder) pada eksperimen ini tidak murni unsur Fe 100%, melainkan masih mengandung pengotor unsur lain. Berikut presentase kandungan unsur pada fasa serbuk besi (Iron powder) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Presentase kandungan unsur pada fasa serbuk besi.

Element	Fe	O	Mg	Sc
Weight%	50.8%	32.4%	12.3%	4.5%

Hasil Uji XRD serbuk Arang (Carbon)

Sebagai bahan campuran pada penelitian ini Serbuk Arang (Carbon) juga di uji dengan alat XRD, pengujian XRD ini menggunakan Diffractometer Type XPert MPD dengan panjang gelombang CuK α 1.54060 Å, pengujian ini juga bertujuan untuk identifikasi fasa pada sampel bahan Serbuk Arang. Sampel serbuk Arang yang dipakai untuk penelitian berasal dari kabupaten Gresik, ukuran serbuk ≥ 200 mesh.



Gambar 11. Hasil XRD serbuk Arang

Dari identifikasi menggunakan software Match, terdapat fasa pada sampel Serbuk arang (Carbon) yaitu (C₁₈ H₀ Al₁ N₉) pada fasa itu terkandung 3 unsur yang terdiri dari Carbon (C) dengan persentase 58,6%, Nitrogen (N) dengan persentase 34,1%, dan Alumunium (Al) dengan persentase 7,3%.

Sehingga dapat disimpulkan kandungan Carbon (C) pada sampel penelitian ini tidak 100%, terdapat pengotor yang tercampur dalam bahan saat proses pengolahan (pembakaran, penumbukan, dan pengayakan) arang batok kelapa hingga menjadi serbuk. Berikut presentase kandungan unsur pada fasa serbuk arang batok kelapa (*Carbon*) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Presentase kandungan unsur pada fasa serbuk arang.

Element	C	N	Al
weight%	58.6%	34.1%	7.3%

Densitas

Untuk dapat menganalisa variasi kompaksi dan waktu penahanan saat proses sintering akan kerapatan pada eksperimen paduan Fe-C dilakukan pengujian densitas.

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

Contoh cara menghitung nilai Densitas:

$$A1. (a). \rho = \frac{m}{\pi \cdot r^2 \cdot t} = \frac{7,967}{3,14 \cdot (10^2) \cdot 7,52} = 3,374 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 3. Data nilai densitas dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering pada paduan Fe-C 2%

Kompaksi (Psi)	Densitas Waktu 30 Menit (gr/cm ³)	Densitas Waktu 60 Menit (gr/cm ³)	Densitas Waktu 90 Menit (gr/cm ³)
7000	3,365	3,328	3,381
8000	3,390	3,409	3,370
9000	3,398	3,393	3,369



Gambar 12. Grafik densitas dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering pada paduan Fe-C 2%

Grafik pada gambar 12 memperlihatkan pengaruh kompaksi 7000 Psi pada waktu tahan sintering 30 menit pada spesimen paduan Fe-C 2% memiliki nilai densitas 3,365gr/cm³, kemudian sejalan dengan meningkatnya variabel kompaksi nilai densitas semakain meningkat. Tapi ketika waktu tahan sintering 60 menit dengan tekanan kompaksi 7000 Psi nilai densitas berada pada grafik terendah yaitu dengan nilai densitas 3,328gr/cm³, penurunan yang sangat drastis dikarenakan ketika kegiatan *mixing* dilakukan kurang rata, sehingga ketika sintering dengan waktu tahan 60 menit proses defusi antar partikel bahan Fe dan *Carbon* tidak saling mengikat dan menimbulkan rongga pada spesimen tersebut. Kemudian grafik pada kompaksi 8000 Psi dengan waktu tahan sintering 60 menit mengalami kenaikan nilai densitas dengan nilai rata-rata 3,409gr/cm³ dan juga menjadikan nilai tertinggi daripada variasi yang lain, akan tetapi ketika kompaksi 9000 Psi nilai densitas menurun, hal ini disebabkan ketika proses pencetakan spesimen kondisi cetakan kurang baik, permukaan dalam cetakan kurang halus sehingga pada saat proses pengeluaran spesimen dari cetakan bagian luar spesimen mengalami keretakan sehingga berdampak menurunnya nilai densitas.

Grafik pada gambar 12 memperlihatkan kompaksi 7000 Psi dengan waktu tahan sintering 90 menit pada spesimen paduan Fe-C 2% didapat nilai rata-rata densitas 3,381gr/cm³, namun grafik mengalami penurunan pada kompaksi 8000 Psi dan menurun lagi pada kompaksi 9000 Psi. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencetakan spesimen sangat menentukan nilai densitas karena dari grafik menunjukkan penurunan nilai densitas berbanding lurus dengan naiknya tekanan kompaksi, menurunnya nilai densitas ini disebabkan oleh faktor cetakan yang kurang halus dan adanya goresan sehingga pada tekanan kompaksi yang

semakin tinggi, semakin besar pula resiko spesimen mengalami keretakan pada saat pengeluaran spesimen dari cetakan.

Tabel 4. Data nilai densitas dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering Fe 100%

Kompaksi (Psi)	Densitas Waktu 30 Menit (gr/cm ³)	Densitas Waktu 60 Menit (gr/cm ³)	Densitas Waktu 90 Menit (gr/cm ³)
7000	3,912	3,964	3,967
8000	3,951	3,995	3,973
9000	3,985	4,020	4,021



Gambar 13. Grafik densitas dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering Fe 100%

Dari gambar 13 menunjukkan grafik nilai densitas Fe Murni dengan variasi tekanan kompaksi 7000 Psi dengan waktu tahan sintering 30 menit nilai densitas berada pada grafik paling bawah yaitu dengan nilai 3,912 gr/cm³, dengan variasi waktu tahan sintering yang sama 30 menit nilai densitas mengalami kenaikan pada kompaksi 8000 Psi, nilai densitas juga mengalami kenaikan pada kompaksi 9000 Psi. Kompaksi 7000 Psi dengan waktu tahan sintering 60 menit Fe Murni mendapatkan hasil nilai densitas 3,964gr/cm³, nilai densitas lebih tinggi daripada kompaksi 7000 Psi dengan waktu tahan sintering 30 menit. Kemudian nilai densitas terus mengalami kenaikan pada tekanan kompaksi 8000 Psi dengan waktu tahan yang sama yaitu 60 menit begitu juga pada tekanan kompaksi 9000 Psi, melihat dari grafik nilai densitas pada gambar 13 dengan waktu tahan yang sama yaitu 60 menit, nilai

densitas mengalami kenaikan ketika di beri tekanan kompaksi yang lebih tinggi.

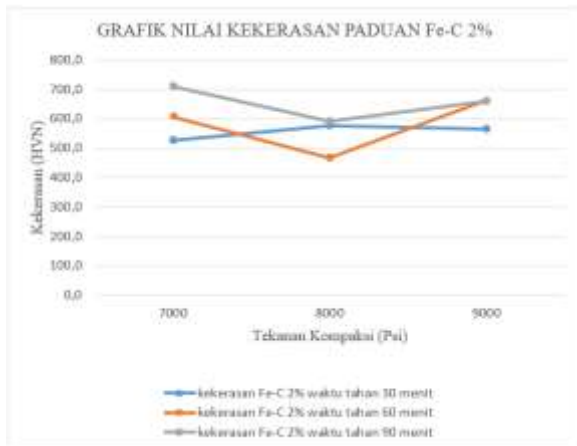
Pada gambar grafik 1. Fe Murni dengan waktu tahan sintering 90 menit tekanan kompaksi 7000Psi nilai densitas mengalami sedikit kenaikan dari waktu tahan sintering 90 menit dengan tekanan yang sama yaitu 3,967 namun pada tekanan kompaksi 8000Psi nilai densitas dengan waktu sintering 90 menit lebih kecil dibanding nilai densitas dengan waktu tahan sintering 90 menit, tapi jika dengan waktu sintering yang sama 90 menit nilai densitas pada tekanan kompaksi 8000 Psi mengalami kenaikan dibanding dengan nilai densitas pada tekanan kompaksi 7000 Psi. Pada waktu tahan sintering 90 menit dengan tekanan kompaksi 9000 Psi nilai densitas Fe Murni kembali mengalami kenaikan, sehingga diketahui tekanan kompaksi dan juga waktu tahan sintering dapat memengaruhi nilai densitas Fe Murni karena dilihat dari grafik gambar 13 dengan tekanan kompaksi semakin tinggi akan bertambah tinggi pula nilai densitas yang diperoleh, begitu juga dengan semakin tinggi waktu tahan sintering yang diberikan semakin tinggi pula hasil densitas yang diperoleh.

Kekerasan

Untuk mengetahui sifat mekanik suatu material perlu adanya pengujian, diantaranya adalah dengan pengujian kekerasan. Dalam kasus ini uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kompaksi dan waktu tahan sintering pada paduan Fe-C.

Tabel 5. Data nilai kekerasan dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering pada paduan Fe-C 2%

Kompaksi (Psi)	Kekerasan Waktu 30 Menit (HVN)	Kekerasan Waktu 60 Menit (HVN)	Kekerasan Waktu 90 Menit (HVN)
7000	527,8	607,3	710,5
8000	577,6	467,2	591,5
9000	564,9	662,3	660,9



Gambar 14. Grafik kekerasan dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering pada paduan Fe-C 2%

Pada gambar grafik 14 paduan Fe-C 2% dengan waktu tahan sintering 30 menit dengan tekanan kompaksi 7000 Psi didapat nilai kekerasan 527,8 HVN. Nilai kekerasan terjadi kenaikan ketika tekanan kompaksi 8000 Psi, namun kekerasan turun ketika tekanan kompaksi 9000 Psi, hal ini dikarenakan pada saat pencetakan spesimen mengalami gesekan saat proses pengeluaran spesimen dari cetakan, hal ini terjadi dikarenakan faktor cetakan yang mengalami goresan pada saat proses penekanan sehingga berdampak pada spesimen tersebut. Dilihat dari waktu tahan 60 menit kekerasan mengalami kenaikan saat tekanan kompaksi 7000 Psi namun pada tekanan kompaksi 8000 Psi nilai kekerasan mengalami penurunan hal ini dipengaruhi karena kegiatan *mixing* serbuk tidak rata kemudian menyebabkan ikatan serbuk ketika proses sintering tidak maksimal sehingga partikel tidak dapat menyatu dengan sempurna dan nilai kekerasan juga menurun disebabkan karna cetakan yang kurang halus sehingga penekanan tidak maksimal. Dikarenakan pada kompaksi 9000 Psi nilai kekerasan kembali meningkat.

Pada gambar grafik 14 paduan Fe-C 2% dengan waktu tahan sintering 90 menit pada tekanan kompaksi 7000 Psi didapat nilai kekerasan terbaik yaitu 710,5 HVN, namun nilai kekerasan menurun ketika pada tekanan 8000 Psi hal ini juga disebabkan saat proses kompaksi, permukaan dalam cetakan (*die*) yang digunakan pada saat proses kompaksi

kurang halus dan terdapat goresan, goresan tersebut yang menjadikan proses kompaksi tidak maksimal, dengan semakin tingginya kompaksi yang diberikan semakin besar pula gesekan antar partikel terjadi sehingga mengakibatkan cetakan tergores ketika spesimen dikeluarkan, goresan pada cetakan akan membuat hasil spesimen tidak maksimal. Dengan kompaksi 9000 Psi nilai kekerasan kembali meningkat yaitu 660,9 HVN. Variabel waktu tahan sintering berpengaruh terhadap nilai kekerasan seperti halnya pada tekanan kompaksi 7000 Psi, semakin tinggi waktu tahan sintering yang di berikan semakin tinggi pula nilai kekerasan yang di peroleh. Sama halnya pada tekanan 8000 psi, namun mengalami penurunan pada waktu tahan 60 menit hal ini di sebabkan faktor pencampuran serbuk yang kurang merata, begitu pula pada tekanan kompaksi 9000psi semakin tinggi waktu tahan sintering yang diberikan semakin tinggi pula nilai kekerasan yang di peroleh.

Tabel 6. Data nilai kekerasan dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering Fe 100%

Kompaksi (Psi)	Kekerasan Waktu 30 Menit (HVN)	Kekerasan Waktu 60 Menit (HVN)	Kekerasan Waktu 90 Menit (HVN)
7000	700,0	577,2	532,4
8000	741,0	566,2	673,8
9000	764,2	677,8	600,7



Gambar 15. Grafik kekerasan dengan variasi kompaksi dan waktu tahan sintering Fe 100%

Pada gambar grafik 15 Fe murni dengan tekanan 7000 Psi pada waktu tahan sintering 30 menit nilai kekerasan yang di peroleh adalah 700,0 HVN. Dengan waktu tahan sintering yang sama yaitu 30 menit, nilai kekerasan semakin meningkat sejalan dengan semakin tinggi kompaksi yang diberikan yaitu ketika tekanan 8000 Psi dan 9000 Psi. Dengan waktu tahan sintering 60 menit nilai kekerasan mengalami penurunan, hal ini di sebabkan karena proses mixing kurang merata sehingga pada saat proses sintering partikel antar serbuk tidak berdifusi, hal ini juga dapat di pengaruhi saat proses kompaksi, nilai kekerasan semakin menurun pada tekanan kompaksi 8000 psi. Penurunan nilai kekerasan juga di sebabkan dengan faktor yang sama, namun pada tekanan kompaksi 9000 psi kembali meningkat hal ini dapat dilihat dari grafik gambar 4.10, nilai kekerasan yang di peroleh adalah 677, 8 (HVN).

Grafik pada gambar 15 Fe murni dengan waktu tahan sintering 90 menit nilai kekerasan pada tekanan kompaksi 7000 kembali mengalami penurunan, variabel ini mendapatkan nilai kekerasan terendah jika dilihat dari variabel lain. Dalam hal ini lamanya waktu penahanan saat proses sintering pada Fe murni dengan tekanan 7000 Psi berdampak pada nilai kekerasan. Kekerasan meningkat untuk penekanan kompaksi 8000psi namun mengalami sedikit penurunan pada tekanan kompaksi 9000psi. Faktor penyebabnya karena temperatur sintering kurang tepat. Waktu tahan sintering 30 menit di dapat hasil nilai kekerasan yang paling stabil, variabel kompaksi yang diberikan semakin tinggi maka nilai kekerasan juga semakin tinggi, seperti halnya pada tekanan 9000 Psi mendapatkan hasil kekerasan tetinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kompaksi dengan variabel 7000 Psi, 8000 Psi, dan 9000 Psi terhadap paduan (*Iron powder*) dan (*Carbon*) 2% pada suhu 1000°C dapat mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan. Seperti pada waktu tahan 30 menit, semakin tinggi kompaksi semakin tinggi nilai densitasnya. Pada waktu tahan 60 menit, semakin tinggi kompaksi yang diberikan nilai kekerasan juga meningkat, namun pada kompaksi 8000 psi mengalami ketidaksetabilan.
2. Paduan (*Iron powder*) dan (*Carbon*) 2% dengan waktu tahan 30, 60, dan 90 menit, pada temperatur 1000°C memperoleh nilai densitas yang kurang stabil, waktu tahan 60 menit dengan kompaksi 8000 psi memperoleh hasil densitas paling tinggi yaitu 3,409 gr/cm³. dengan kompaksi 7000 psi nilai kekerasan meningkat sejalan dengan lamanya waktu tahan sintering yang diberikan.

Saran

1. Memastikan ukuran serbuk merata dalam pembuatan spesimen, agar paduan antar serbuk sempurna.
2. Menggunakan cetakan berkualitas agar hasil pemadatan maksimal.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengatur komposisi campuran lebih baik dan memastikan temperatur sintering tepat.

REFERENSI

- 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.
- Budi, Esmar et al, 2012., *“Seminar Nasional Fisika 2012 Arang Tempurung Kelapa Seminar Nasional Fisika 2012.”* : 62–66.
- Daryus. 2009., *“Pengaruh Heat Treatment Pada Sifat Logam.”* : 5–37.
- Hermawan, G C P, and I L Pambudi. 2021., *“Studi Eksperimen Pengaruh Tekanan Dan% Mg Terhadap Densitas, Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Al-Mg Dengan Metode Metalurgi Serbuk.”* 4(2).
- Pradita, Windy A, Mifbakhuddin, and Ratih S Wardani. 2018., *“Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Berat Adsorben Ampas Tahu Terhadap Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) Pada Air Lindi.”* : 7–15.
- Qusyair, Wachid Achmad, and Bibit Sugito Wijianto. 2014., *“Peningkatan Kekerasan Pada Permukaan Bushing Wachid Achmad Qusyairi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik.”* : 1–18.
- Rusianto, Toto. 2009., *“Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan.”* Jurnal Teknologi 2(1): 89–95.
- Sukma, Jonika Asmarani, and MT. Yusuf Umardani, ST. 2012., *“Pengerasan Permukaan Baja Karbon St 40 Dengan Metode Nitridasi Dalam Larutan Kalium Nitrat.”* Rotasi 13(4): 10–35.
- Suwanda, Totok. 2006., *“Dan Waktu Sintering Terhadap Kekerasan Dan Berat Jenis Aluminium Pada Proses.”* Jurnal Ilmiah Semesta Teknika 9: 187–98.
- Sya’Ban, Qosim. 2017., *“Penyerapan Ion Aluminium (Al) Dan Besi (Fe) 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.