



STUDI EKSPERIMEN PENGARUH KOMPAKSI DAN KOMPOSISI TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN SERBUK BESI DAN SERBUK ARANG KELAPA LOKAL DENGAN METODE METALURGI SERBUK

Antoni, Septian Fachrul Rozi, Mastuki

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: tonini138@gmail.com , septianfachrul22@gmail.com

ABSTRAK

Dalam dunia penuh dijumpai perusahaan-perusahaan besar maupun kecil, dalam mewujudkan perkembangan teknologi banyak upaya yang dilakukan dengan mewujudkan inovasi terkini dengan biaya seminim mungkin dan mendapat kan hasil yang dapat mengembangkan dunia industri. Namun dalam proses penendaliannya masih terlalu rendah, akhirnya sering didunia indurstri logam bekas tidak dimanfaatkan dengan baik dan dibuang cuma-cuma. Maka dari itu untuk memanfaatkan logam bekas atau limbah industri untuk dijadikan serbuk logam dengan proses pengepresan dengan menggunakan alat pemanas agar serbuk logam menjadi padat. Penelitian ini bermaksud demi mengetahui pengaruh variasi tekanan kompaksi dan variasi komposisi terhadap densitas dan nilai kekerasan dengan paduan serbuk besi (Iron powder) dan serbuk arang batok kelapa lokal (carbon). Berbagai ragam kompaksi yang diaplikasikan yaitu sebesar 7000, 8000, 9000 psi dengan waktu tahan 10 menit dan variasi komposisi 1,2,3% dengan suhu sintering 1000°C waktu tahan 90 menit.

Kata kunci: *industri, kompaksi, komposisi, densitas, kekerasan*

ABSTRACT

In a world full of large and small companies, in realizing technological developments, many efforts have been made to realize the latest innovations at the minimum possible cost and obtain results that can develop the industrial world. However, the control process is still too low, in the end, often in the world of scrap metal industry, it is not used properly and is thrown away for free. Therefore, it is necessary to use used metal or industrial waste to make metal powder by means of a pressing process using a heating device so that the metal powder becomes solid. This study aims to determine the effect of variations in compaction pressure and composition variations on density and hardness values with an alloy of iron powder and local coconut shell charcoal powder (carbon). Various types of compaction were applied, namely 7000, 8000, 9000 psi with a holding time of 10 minutes and a composition variation of 1.2.3% with a sintering temperature of 1000°C with a holding time of 90 minutes.

Keywords: *industri, compaction, , composition, density, violence*



PENDAHULUAN

Di dunia banyak dijumpai perusahaan-perusahaan besar maupun kecil, dalam mewujudkan perkembangan teknologi banyak cara yang dilakukan dengan menciptakan inovasi terkini dengan biaya seminim mungkin dan mendapatkan hasil yang dapat mengembangkan dunia industri. Namun dalam proses pengolahannya masih sangat rendah, sehingga sering di dunia industri logam bekas tidak dimanfaatkan dengan baik dan dibuang cuma-cuma. Maka dari itu untuk memanfaatkan logam bekas atau limbah industri untuk dijadikan serbuk logam dengan proses pengepresan dengan menggunakan alat pemanas agar serbuk logam menjadi padat.

Metalurgi serbuk adalah suatu proses yang berasal dari proses manufaktur untuk memperoleh bentuk bagian akhir dengan memadukan serbuk, menekannya ke dalam cetakan dan kemudian menyinternya di dalam tanur (tungku pemanas) pada suhu tertentu hingga padat. terjadi antar partikel serbuk. Keuntungan dari teknologi metalurgi serbuk meliputi eliminasi atau minimalisasi proses pemesinan, tidak ada pemborosan material, presisi dan kehalusan permukaan yang tinggi, peningkatan kekuatan dan ketahanan aus, dan bentuk produk yang kompleks.

Material adalah komponen bahan atau alat di setiap sektor industri. Bahan adalah seperangkat bahan yang digunakan untuk membuat produk atau produk akhir yang lebih bermanfaat. Bahan adalah segala sesuatu yang terdiri dari atau terbuat dari bahan (Callister & William, 2004). Pengertian bahan adalah bahan mentah yang diolah oleh suatu perusahaan industry dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri (Mulyadi, 2000).

Metalurgi serbuk adalah proses yang menghasilkan serbuk serta produk jadi dari serbuk logam ataupun paduan logam pada skala bubuk definit tanpa meleleh. konsumsi daya dari cara ini relatif ringan dan profit tambahannya adalah hasil akhir bisa tepst disesuaikan atas aspek yang di butuhkan, yang berarti memangkas anggaran pemesinan serta limbah bahan baku. persoalan pokok selama pemanfaatan hasil bedak tersebut ialah bagaimana mengerjakan bubuk logam menjadi benda yang bernilai dengan sebaik-baiknya. (Rusianto, 2009).

Destinasi mengenai pengkajian ini ialah buat mendapati pengaruh variasi tekanan pemadatan serta variasi nilai kerapatan dan kekerasan pada campuran serbuk besi (*Iron powder*) dan serbuk lokal tempurung kelapa (*Carbon*). Variasi kompresi yang digunakan adalah 7000, 8000, 9000 psi dengan waktu penahanan 10 menit dan variasi komposisi 1,2,3 °C dengan suhu sintering 1000°C dan waktu penahanan 90 menit.

Prosedur yang harus ditempuh pada metalurgi serbuk, yaitu:

1. Persiapan bahan
2. Pengadukan (mixing)
3. Pengepresan (kompaksi)
4. Pemanasan sinter

Berikut ini adalah keunggulan dan kelemahan pada metode metalurgi serbuk..

1. Keunggulan dari metalurgi serbuk, antara lain:
 - Praktis pemakaian bahan baku yang sangat tinggi, yang mengurangi biaya yang diperlukan. Hasil yang ukuran dan bentuknya

dapat disesuaikan dengan kebutuhan Anda, meminimalisir biaya penanganan.

- Produksi massal dapat dilakukan dengan biaya produksi yang lebih tinggi.
2. Kelemahan metalurgi serbuk yaitu:
- Susah untuk menciptakan produk dengan desain yang kompleks dikarenakan serbuk tidak dapat mengalir ke dalam ruang cetakan saat dikompaksi.
 - Di karenakan bahan dasar nya ber bentuk, maka sulit untuk disimpan.

Pencampuran (mixing)

Pencampuran serbuk merupakan fase pencampuran dimana bubuk metal atas bubuk metal lainnya. Bahan lain pula bisa digunakan menjadi racikan buat mencapai mutu yang lebih baik. Pencampuran ialah pencampuran bubuk atas komposisi nominal yang sama. Ini membantu mencapai distribusi ukuran partikel yang diinginkan.

Pencampuran adalah pencampuran serbuk atas komposisi kimia yang berbeda. Mereka bisa digambarkan secara matematis menjadi alterasi sesaat ketika suatu faktor menurut koordinat lokal. Pertukaran pemusatan disebabkan oleh pemindahan elemen konvektif ataupun difusif. Mode yang terakhir bisa dibagi sebagai pemindahan difusif serta aktivitas elemen *random* karena input daya dari pencampuran ataupun pengukuran lainnya. Dibandingkan dengan beberapa jenis distribusi lainnya, dispersi yang diharapkan terbaik dalam proses pencampuran adalah distribusi acak dari jenis partikel yang berbeda. Kualitas campuran biasanya dijelaskan dalam standar deviasi deret volume campuran sampel. Memang benar sensitif terhadap volume sampel itu sendiri.

Serbuk besi (Fe) dan serbuk arang tempurung kelapa (*Carbon*) masing-masing ditimbang sampai berat yang telah ditentukan. Kemudian kedua bahan tersebut dicampur dengan gelas ukur dengan pengadukan biasa

(dry mixing) sampai tercampur dengan waktu kurang lebih 10 menit.



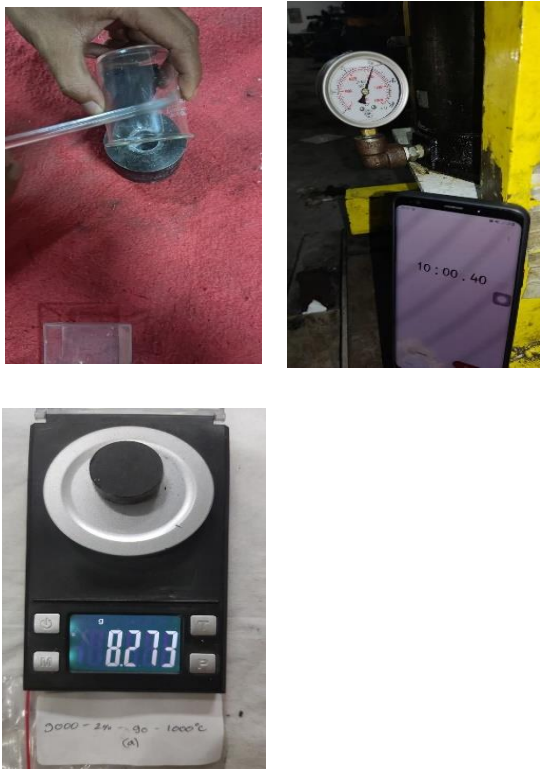
Gambar 1. Bahan dan Proses Pencampuran

Pencetakan ini dijalankan dengan cara pemadatan dingin (cold compaction) bahan serbuk Besi (Fe) dan Arang batok kelapa yang sebelumnya sudah dicampurkan, selanjutnya dilakukan pemadatan serbuk ke dalam cetakan sampai menjadi bentuk yang diinginkan. Pemadatan ini dilakukan dengan memberikan kompresi pada serbuk. Dengan pemadatan ini akan menaikkan berat jenis dan ikatan antar butir dari serbuk tersebut.

Proses kompaksi pada sampel paduan (*iron powder*) 97,98,99% – Arang batok kelapa (*carbon*) 1,2,3% Gunakan pengepres hidrolik dan pertahankan waktu penahanan semua sampel pada 10 menit untuk mendapatkan sampel cetakan dengan kekuatan yang cukup untuk melepaskan sampel dengan mudah dalam sebuah cetakan. Berikut adalah macam – macam variasi Kompaksi:

Paduan Iron Powder-Carbon (1,2,3%) memakai variasi kompaksi :

- 7000 Psi waktu tahan tekan selama 10 menit
- 8000 Psi waktu tahan tekan selama 10 menit
- 9000 Psi waktu tahan tekan selama 10 menit



Gambar 2. Proses Pencetakan Spesimen

Sintering

Green Compact yang dihasilkan oleh proses penyegelan pada suhu ekonomis belum mempunyai ikatan atom yang mencukupi. Benda hijau ini harus dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 70-90% dari titik leleh material. Proses pemanasan ini disebut proses sintering. Untuk bahan besi dengan titik leleh 1538°C . Suhu sintering bervariasi antara 1000°C dan 1300°C .

Sampel dipadatkan dalam cetakan menjadi bentuk yang sesuai yaitu bentuk tablet, kemudian dilakukan metode sintering. Sintering ialah metode suatu bahan ataupun sampel dipanaskan dengan pemanasan tetapi tidak melebihi titik lelehnya, menyebabkan butir-butir menjadi berikatan (menyebarkan) dan meningkatkan densitasnya. Pada metode sintering ini dilakukan dengan menggunakan tungku (furnace) dan ditempatkan pada temperatur sintering yang ditentukan oleh waktu penahanan sintering yaitu dengan

variasi waktu selama 90 menit dengan suhu 1000°C .



Gambar 3. Proses sintering spesimen

Aging (Penuaan)

di fase penuaan, senyawa solid yang jemu tetapi tak stabil selama periode masa spesifik bakal mengendap kembali dan menciptakan fase lain. Atom-atom yang hadir beralih dan mulai mengikat struktur fasa yang lebih stabil sesudah awalnya mengikat endapan fasa transisi. Pembuatan fase kedua ini disertai dengan nukleasi serta fluktuasi pertumbuhan. Laju pembuatan sedimen ini dikendalikan sebab perpindahan molekul, sehingga sedimen meningkat atas meningkatnya suhu penuaan. Sedimen yang terbentuk menjadi lebih lembut dengan menurunnya suhu aging, dan kekerasan material meningkat seiring dengan pecahnya endapan.

Setelah sampel disinter sesuai dengan variasi temperatur sintering yang dibuat, sampel mengalami proses aging pada temperatur 900°C memakai masa penahanan semasa 120 *minute*.



Gambar 4. Proses Penuaan Spesimen

Uji densitas

Nilai densitas material ditentukan dengan uji densitas. perangkat yang dipakai dalam Percobaan ini adalah timbangan digital serta *sigmat*.

Densitas ialah pengukuran kerapatan atas material ataupun perpaduan antar berat (m) atas volume (V). Metode alat timbang digital digunakan untuk mengukur massa jenis padatan atau material curah. Berdasarkan definisi kerapatan, massa jenis berat benda per satuan volume benda, maka rumus perhitungan massa jenisnya adalah :

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

Penjelasan :

ρ = Densitas (gr/cm³)

m = massa (gram)

v = Volume (cm³)



Gambar 5. Uji Densitas

Uji kekerasan

Pengujian Kekerasan ialah salah satu ciri mekanik suatu material, ataupun kekuatan material terhadap deformasi, yakni kompresi

atau indentasi. Bahan diuji dengan dua cara, yaitu untuk mengetahui sifat-sifat bahan baru dan memeriksa mutunya agar bahan tersebut memenuhi persyaratan mutu tertentu. Secara umum, percobaan kekerasan bermaksud buat menghitung titik berat suatu material ataupun metal untuk mengalami deformasi plastis. waktu kekuatan spesifik diterapkan pada benda uji di bawah beban, benda uji mengalami deformasi.

Metode Vickers sebagai pengujian kekerasan material dilakukan dengan cara menekan material ataupun spesimen uji dengan indenter intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari bidang yang berhadapan 136 derajat. Penekanan dengan indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan material uji. Dalam pengujian ini menggunakan mesin hardening Mitutoyo HM-200, indenter berupa diamond eye micro-hardness dengan beban 100 gf dan waktu pengepresan 8 detik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses densifikasi serta sintering bubuk besi Fe variasi karbon tempurung kelapa dengan komposisi serbuk besi – karbon 1,2,3 D44 membentuk spesimen yang bakal dipakai buat pengkajian ini terdapat variasi tekanan (7000 Psi, 8000 Psi, 9000 Psi) memakai masa kerasan 10 *minute*, sintering dengan suhu 1000°C waktu tahan sintering 90 menit. Statistik pengkajian ini melingkupi hasil pengamatan terhadap densitas, pengamatan nilai kekerasan (HVN). Memperoleh hasil pengkajian seperti berikut :

Tabel 1. Kodevikasi Spesimen Iron Powder – serbuk arang kelapa

Kompaksi & Komposisi (%)	7000 A		8000 B		9000 C	
	1%	Iron powder	Carbon	Iron powder	Carbon	Iron powder
	1%A		1%B		1%C	

	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)			
2%	Iron powder	Carbon		Iron powder	Carbon		Iron powder	Carbon				
		2%A			2%B			2%C				
		(a)	(b)		(c)	(a)		(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
3%	Iron powder	Carbon		Iron powder	Carbon		Iron powder	Carbon				
		3%A			3%B			3%C				
		(a)	(b)		(c)	(a)		(b)	(c)	(a)	(b)	(c)

Hasil Uji Densitas

Tabel 2. Hasil Rata Rata Densitas iron powder - Carbon 1,2,3%

Kompaksi	Komposisi 1%	Komposisi 2%	Komposisi 3%
8000	3,547	3,370	3,209
9000	3,445	3,369	3,191
7000	3,544	3,381	3,138

Keterangan Kodevikasi:

Iron Powder = 99%, 98%, 97%

Carbon = .1%, 2%, 3%

Iron Powder = Serbuk Besi

(a) = Spesimen 1

(b) = Spesimen 2

(c) = Spesimen 3

7kA = Komposisi 1% dengan temperatur sintering 1000 °C

7kB = Komposisi 1% dengan temperatur sintering 1000 °C

7kC = Komposisi 1% dengan temperatur sintering 1000 °C

8kA = Komposisi 2% dengan temperatur sintering 1000

8kB = Komposisi 2% dengan temperatur sintering 100 °C

8kC = Komposisi 2% dengan temperatur sintering 1000 °C

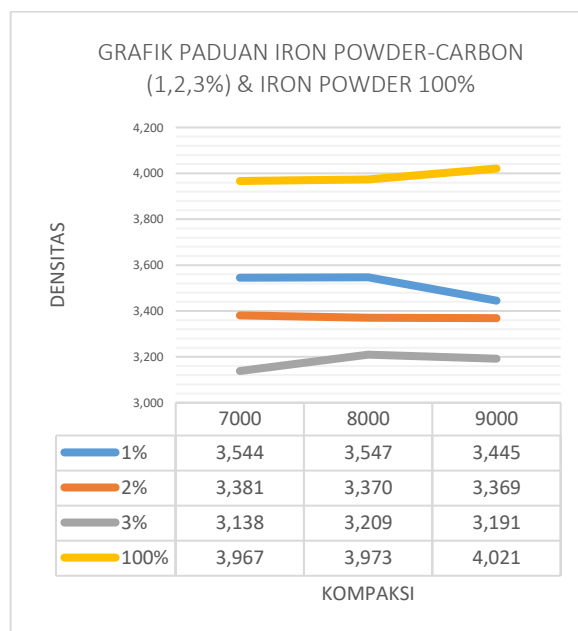
9kA = Komposisi 3% dengan temperatur sintering 1000°C

9kB = Komposisi 3% dengan temperatur sintering 1000 °C

9kC = Komposisi 3% dengan temperatur sintering 1000 °C

Tabel 3. Hasil Rata Rata Densitas iron powder 100%

Kompaksi	Komposisi 100%
7000	3,967
8000	3,973
9000	4,021



Gambar 6. Grafik Pengaruh Tekanan dan sintering terhadap Densitas

Pada gambar 6 grafik pada tekanan kompaksi 7000 psi dengan komposisi carbon 1, 2, 3% pada paduan spesimen Iron Powder – Carbon, spesimen mempunyai nilai tertinggi dengan

rata – rata $3,544 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi *Carbon* 1%. Kemudian seiring meningkatnya variabel pada komposisi, Nilai kerapatan sampel secara bertahap menurun seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

Pada gambar 6 grafik pada tekanan 8000 psi dengan campuran komposisi 1, 2, 3% mempunyai nilai Densitas tertinggi dengan rata – rata $3,547 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi *Carbon* 1%. Seiring meningkatnya variabel pada tekanan kompaksi mengalami penurunan nilai kekerasan, seperti pada gambar 6.

Pada gambar 6 grafik pada tekanan 9000 psi dengan campuran komposisi 1, 2, 3% mempunyai nilai Densitas tertinggi dengan rata – rata $3,445 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi *Carbon* 1%. Seiring meningkatnya variabel pada tekanan kompaksi mengalami penurunan nilai kekerasan, seperti pada gambar 6.

Dari Ketiga tekanan Kompaksi terhadap nilai Densitas mengalami kenaikan nilai rata rata pada semua komposisi dengan komposisi 1% tetapi pada tekanan Kompaksi 9000 psi dengan komposisi 1% lebih rendah dari tekanan Kompaksi 7000 psi dan 8000 psi dengan komposisi 1%, hal ini dikarenakan pengadukan komposisi *Iron Powder* – *Carbon* kurang merata sehingga mengalami penurunan nilai Densitas.

Pada Gambar 6 grafik pada *Iron Powder* murni terjadi kenaikan nilai Densitas dari tekanan Kompaksi 7000, 8000, 9000 psi. nilai rata – rata tertinggi yang didapat $4,021 \text{ gr/cm}^3$ dengan tekanan kompaksi 9000 psi.

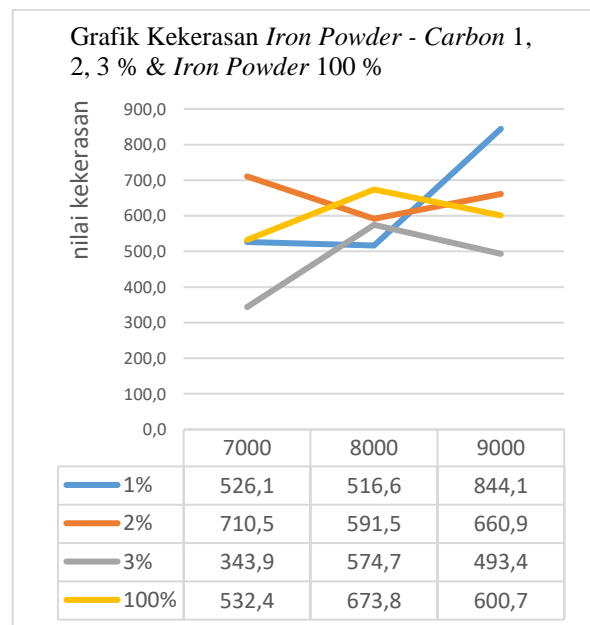
Hasil Uji Kekerasan (HVN)

Tabel 4. Hasil Rata Rata Kekerasan *iron powder* - *Carbon* 1,2,3%

Kompaksi	<i>Iron powder carbon</i> 1%	<i>Iron powder – carbon</i> 2%	<i>Iron powder – carbon</i> 3%
7000	526,1	710,5	343,9
8000	516,6	591,5	574,7
9000	844,1	660,9	493,4

Tabel 5. Hasil Rata Rata Kekerasan *iron powder* 100%

Kompaksi	<i>Iron powder</i> 100%
7000	532,4
8000	673,8
9000	600,7



Gambar. 7 Grafik Pengaruh Tekanan dan sintering terhadap Kekerasan

Pada gambar. 7 grafik pada tekanan kompaksi 7000 psi dengan komposisi *carbon* 1, 2, 3% pada paduan spesimen *Iron Powder* – *Carbon*, spesimen mempunyai nilai tertinggi dengan rata – rata 710,5 HVN. Kemudian, dengan meningkatnya variabel komposisi, nilai kekerasan sampel bertambah sesuai yang

ditunjukkan pada gambar. 7 tetapi ditekanan kompaksi 7000 psi di komposisi *Carbon* 3%. Pada kasus penurunan nilai ini disebabkan Karena pada saat sampel dikeluarkan dari cetakan, terdapat retakan pada sisi sampel dan terbentuk pori-pori atau rongga maka dari itu terjadi penurunan nilai kekerasan terhadap spesimen pada tekanan kompaksi 7000 psi.

Pada gambar 7 grafik pada tekanan 8000 psi dengan campuran komposisi 1,2, 3% mempunyai nilai kekerasan tertinggi dengan rata – rata 591,5 HVN pada komposisi *Carbon* 2%. Seiring meningkatnya variabel pada tekanan kompaksi mengalami kenaikan dan penurunan nilai kekerasan, seperti pada gambar 7. hal ini terjadi disebabkan karena kurang meratanya pengadukan komposisi pada *Iron Powder – Carbon* sehingga terjadi kurang menyatu/merekat dengan baik dan mengakibatkan penurunan nilai pada kekerasan.

Pada gambar 7 grafik pada tekanan kompaksi 9000 psi dengan campuran komposisi 1, 2, 3% mengalami kenaikan dan penurunan terhadap nilai kekerasan, nilai rata – rata tertinggi 844,1 HVN pada campuran *Iron Powder – Carbon* 1% sedangkan penurunan terjadi pada campuran *Iron Powder – Carbon* 2, 3%. Penurunan nilai kekerasan terjadi seiring naiknya tekanan kompaksi dan tingginya campuran komposisi.

Dapat dilihat pada gambar 7 pada spesimen *iron powder* murni mengalami ketidakstabilan kekerasan. Pada tekanan kompaksi 9000 psi mengalami penurunan. Pada *iron powder* murni nilai rata – rata tertinggi kekerasan yang didapat 673,8 HVN. Sedangkan tekanan kompaksi 8000 memiliki nilai kekerasan yang tertinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengkajian yang berjudul “Studi Eksperimen pengaruh Kompaksi dan Komposisi terhadap sifat mekanik paduan serbuk besi dan serbuk arang kelapa lokal dengan proses metalurgi serbuk. bahwa bisa diturunkan seperti berikut :

Tekanan memakai variabel 7000 Psi, 8000 Psi, 9000 Psi, pada campuran serbuk besi (*Iron Powder*)-(Carbon) mempengaruhi tingkat densitas serta kekerasan. Semakin besar kompresi yang ditentukan, semakin besar tingkat densitasnya. sebagaimana atas pemadatan serbuk (serbuk besi) 9000 psi, nilai kerapatan rata-rata maksimum adalah 4,021 g/cc. Sedangkan untuk nilai kekerasannya, semakin besar pemadatan yang diberikan maka semakin tinggi nilai kekerasannya. Pada kompresi 9000 psi (memakai serbuk besi) (1% karbon), nilai kekerasan rata-rata adalah 844,1%.

Komposisi dengan variable 1%,2%,3% pada paduan serbuk besi (*Iron Powder*)-(Carbon) mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan. Semakin tinggi komposisi yang ditentukan, semakin rendah nilai densitas dan nilai kekerasan dari nilai densitas. Seperti pada pemadatan pada senyawa 7000 psi (karbon 3%), nilai densitasnya adalah 3,138 g/cc. Hal yang sama berlaku untuk kekerasan: semakin tinggi komposisi (karbon), semakin rendah kekerasannya. Pada tekanan 7000 psi, rata-rata nilai kekerasan kompresi adalah 343,9 HVN.

Untuk penelitian lebih lanjut tentang pengaruh densifikasi dan komposisi pada campuran serbuk besi dan tempurung kelapa (karbon) dengan menggunakan metode metalurgi serbuk, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Ukuran partikel serbuk yang lebih halus memfasilitasi adhesi antar partikel
2. Lebih banyak perhatian diberikan pada proses pencampuran yang benar

untuk meminimalkan munculnya campuran yang tidak rata.

Untuk penelitian berikutnya yang terkait dengan teknik logam bubuk dapat mengurangi perbedaan komposisi, untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada momen ini penulis menyampaikan rasa bersyukur dan terima kasih kepada dosen pembimbing Mastuki, S.Si., M.Si atas bimbingan, sokongan serta semangat selama menjalankan pengkajian, serta terima kasih kepada kedua orang tua dan istri tercinta telah memberikan sokongan dan semangat kepada penulis selama penelitian, serta sokongan, bantuan serta dorongan sahabat-sahabat senggat dapat menyelesaikan pengkajian ini..

REFERENSI

- Achmad., Raziv., 2022., *TUGAS AKHIR KAJI EKSPERIMEN PENGARUH CAMPURAN TI 6 % DENGAN VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTER PADA PADUAN AL-TI TERHADAP DENSITAS DAN* Disusun Oleh : PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA.
- Ananda., Teguh., 2023., *STUDI EKSPERIMEN PENGARUH TEKANAN DAN TERHADAP SIFAT MEKANIK KEKERASAN DENGAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK.*
- Arief handi putra., 2016., *Pengaruh Variasi Tekanan Dan Temperatur. 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 RatihSWardani. 2018. *PENGARUH KECEPATAN PENGADUKAN DAN BERAT ADSORBEN AMPAS TAHU TERHADAP PENURUNAN KADAR LOGAMBESI (Fe) PADA AIR LINDI.* : 7–15.
- Qusyair., Wachid. Achmad., and Bibit Sugito Wijianto., 2014. *PENINGKATAN KEKERASAN PADA PERMUKAN BUSHING 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.
- 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.
- 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 Teknik 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.*