



ANALISA KOMPOSISI DAN WAKTU TAHAN SINTERING PADA PADUAN SERBUK BESI BESI DAN SERBUK ARANG BATOK KELAPA LOKAL DENGAN METODE METALURGI SERBUK TERHADAP DENSITAS DAN NILAI KEKERASAN.

Ridhlo Tangguh Harmawan, Mastuki.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: ridhotangguh22@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia banyak sekali industri-industri besar, sebagai contoh industri baja nasional semakin berkembang pesat di Indonesia dari tahun ke tahun pada tahun 2017 terdapat peningkatan kapasitas produksi baja nasional hingga 4,65 juta ton Dalam usaha pengembangan teknologi banyak upaya yang harus dilakukan yaitu dengan menciptakan karya baru dengan biaya yang murah, memiliki daya guna yang tinggi dan ekonomis. Salah satunya dengan cara memanfaatkan paduan serbuk besi (iron powder) dan serbuk zat arang batok kelapa (carbon) dengan menggunakan metode metalurgi serbuk (powder metallurgy). Macam cara, dari mulai perusahaan menengah ke atas hingga menengah ke bawah. Pada penelitian ini menggunakan metode metalurgi serbuk yang bertujuan untuk mengetahui hasil dari analisa pada paduan Serbuk Besi (*Iron Powder*)-Arang Batok Kelapa (*Carbon*) terhadap densitas, dan kekerasan. Pada tekanan kompaksi sebesar 9000 Psi dengan waktu tahan tekan selama 10 menit. Pada suhu sintering sebesar 1000°C yang memiliki waktu sinter selama 30,60 dan 90 menit. Dari hasil pengujian densitas, semakin sedikit komposisi dari carbon yang diberikan semakin meningkat nilai densitasnya. Seperti pada paduan *iron powder* 99%, 98%, 97% – *carbon* 1%, 2%, 3%. Memberikan pengaruh terhadap nilai densitas dan kekerasan. Semakin sedikit komposisi yang diberikan semakin tinggi nilai densitasnya. Seperti pada kompaksi 9000 Psi dengan komposisi 99% : 1% dan suhu 900°C mendapatkan nilai rata-rata densitas tertinggi yaitu 3,634 gr/cm³. Sedangkan terhadap nilai kekerasan, semakin besar kompaksi yang diberikan semakin rendah pula nilai kekerasannya. Terlihat pada kompaksi 9000 Psi dengan komposisi 1% suhu 1000°C dengan waktu tahan sintering 90 Menit memiliki nilai rata-rata kekerasan 844,1 HVN. Dan pengaruh variasi komposisi pada paduan *Iron powder* – *carbon* 2% memberikan pengaruh terhadap nilai densitas dan kekerasan. Semakin tinggi suhu yang diberikan semakin tinggi nilai densitasnya, Seperti pada komposisi 1% dengan waktu tahan 90 Menit suhu 1000°C. Begitu pun terhadap nilai kekerasan, semakin tinggi temperatur yang diberikan semakin tinggi pula nilai kekerasannya. Terlihat pada komposisi 2% memiliki nilai rata-rata kekerasan 727.3 HVN. Hal ini dapat dilihat bahwa komposisi dan suhu sinter sangat berpengaruh pada nilai densitas dan kekerasan.

Kata kunci: Metalurgi serbuk, Paduan Fe Iron Powder - Carbon , Kompaksi , Sintering , kekerasan.

ABSTRACT

In Indonesia there are many large industries, for example the national steel industry is growing rapidly in Indonesia from year to year in 2017 there is an increase in the national steel production capacity of up to 4.65 million tonnes. new works at low cost, have high efficiency and are economical. One of them is by utilizing an alloy of iron powder and coconut shell charcoal powder (carbon) using the powder metallurgy method. All kinds of ways, from medium to high-end to lower-middle companies. In this study using the powder metallurgy

method which aims to determine the results of the analysis on the alloy Iron Powder (Iron Powder) -Coconut Shell Charcoal (Carbon) on density and hardness. At a compaction pressure of 9000 Psi with a holding time of 10 minutes. At a sintering temperature of 1000°C which has a sintering time of 30.60 and 90 minutes. From the results of the density test, the less the composition of the carbon given, the higher the density value. As in the iron powder alloy 99%, 98%, 97% – carbon 1%, 2%, 3%. Give effect to the value of density and hardness. The less composition is given the higher the density value. As in compacting 9000 Psi with a composition of 99%: 1% and a temperature of 900°C, the highest average density value is 3.634 gr/cm³. As for the hardness value, the greater the compaction given, the lower the hardness value. Seen in compaction 9000 Psi with a composition of 1% temperature 1000 °C with a sintering holding time of 90 minutes has an average hardness value of 844.1 HVN. And the effect of variations in the composition of the 2% Iron powder – carbon alloy has an influence on the density and hardness values. The higher the temperature given, the higher the density value, as in a 1% composition with a holding time of 90 minutes at 1000°C. Likewise for the hardness value, the higher the temperature given the higher the hardness value. It can be seen that the 2% composition has an average hardness value of 727.3 HVN. It can be seen that the composition and sintering temperature greatly affect the density and hardness values.

Keywords: Powder metallurgy, Fe Iron Powder - Carbon Alloys, Compaction, Sintering, hardness.

PENDAHULUAN

Proses metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah proses pembuatan produk dengan menggunakan bahan dasar serbuk yang kemudian di kompakasi dan sintering. Dalam penelitian ini dibahas tentang variasi komposisi dan variasi temperatur sintering terhadap sifat mekanik material campuran serbuk besi (*iron powder*) dan 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 penambahan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa spesimen. Sebagai perbandingannya menggunakan serbuk besi (*iron powder*) sebesar 100% dengan penambahan zat perekat zinc stearate 5% dari berat massa spesimen. lalu dikompaksi dengan tekanan 9000 Psi dengan waktu tahan 10 menit. Kemudian disintering pada temperatur 1000°C dengan waktu tahan 30,

60, dan 90 menit. Setelah selesai proses sintering kemudian dilakukan proses penuaan (*aging*) pada semua sampel pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 120 menit.

Pencampuran (*mixing*)

Serbuk besi murni (Iron Powder) & serbuk arang batok kelapa murni (Carbon) dan penambahan zinc stearat sebagai perekat yang masing-masing masanya sudah ditimbang besi Fe Murni sebanyak 98% dengan penguat arang batok kelapa sebanyak 2% serta zat perekat 4% dari berat massa spesimen dicampur ke dalam gelas ukur dengan cara pengadukan menggunakan sendok aduk manual hingga tercampur merata.



Gambar 1. Bahan dan Proses Pencampuran

Pencetakan pada proses pencetakan ini metode yang digunakan ini cold compression atau kompaksi dengan kondisi dingin menggunakan hidrolis. Kemudian sempel dimasukan kedalam cetakan yang sebelumnya telah dipoles menggunakan autosol kemudian dibersihkan dengan tisue atau kain bersih untuk menghilangkan kerak dan kotoran yang ada dicetakan.

Proses kompaksi paduan Fe-Carbon 1%, 2%, dan 3% dengan menggunakan alat penekan hidrolis press dan waktu tahan tekan semua spesimen selama 10 menit guna untuk memperoleh spesimen terbentuk dan memperoleh kekuatan yang maksimal. Sehingga spesimen juga akan mudah dikeluarkan dari cetakan. Variasi tekanan kompaksi pada spesimen paduan besi Iron Powder-Carbon dengan prekat Zinc stearat (Fe 98%-Carbon 2% dan Zinc Stearat 4%) adalah sebagai berikut :

Pada paduan variasi komposisi Iron Powder-Carbon (1%, 2%, dan 3%) dengan kompaksi :

- 9000 Psi waktu tahan tekan selama 10 menit



Gambar 2. Proses Pencetakan Spesimen

Sintering

Sintering setelah spesimen dipadatkan dengan sesuai bentuk yang diinginkan yang berbentuk tablet, lalu spesimen itu menuju tahap proses sintering. Sintering yaitu dimana proses pemanasan material atau spesimen dengan cara memanaskan 60% sampai 80% tidak mealampai batas titik leburnya supaya partikel-partikel yang saling mengikat dan terjadi peningkatan mulai densitas pada tahap sintering ini menggunakan alat oven (furnace) yang diatur dengan temperature sintering dan ditentukan pada waktu tahan sinter

temperature sintering yang digunakan pada spesimen ini adalah sebagai berikut:

Paduan Iron Powder-Carbon (1%, 2%, dan 3%) dengan variasi temperature sintering :

- 1000°C dengan waktu tahan sintering selama 30 menit
- 1000°C dengan waktu tahan sintering selama 60 menit
- 1000°C dengan waktu tahan sintering selama 90 menit



Gambar 3. Proses sintering spesimen

Aging (Penuaan)

Setelah spesimen dilakukan sintering sesuai dengan variasi temperature sintering yang telah dilakukan selanjutnya spesimen dilakukan proses penuaan dengan temperature 900°C dengan waktu tahan 120 menit.



Gambar 4. Proses Penuaan Spesimen

Uji densitas

Densitas adalah pengukuran kepadatan dari material atau perbandingan antar massa (m) pada volume (V). Secara matematis dapat dirumuskan :

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

Keterangan :

ρ = Densitas (gr/cm³)

m = massa (gram)

v = Volume (cm³)



Gambar 5 Uji Densitas

Uji kekerasan

Pada pengujian kekerasan yang diterapkan dengan menggunakan pengujian vickers Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil proses kompaksi dan sintering serbuk Fe Iron Powder dengan campuran arang batok kelapa carbon (Fe 99%, 98%, dan 97%-Carbon 1%, 2%, dan 3%) membentuk spesimen yang akan digunakan untuk penelitian ini terdapat variasi komposisi(1%,2% dan 3%) dengan kompaksi 9000 Psi menggunakan waktu tahan 10 menit, dan 3 variasi sintering 1000°C dengan waktu tahan sintering (30, 60, dan 90 menit). Data ini penelitian ini meliputi hasil pengamatan terhadap densitas, pengamatan nilai kekerasan (HVN). Didapatkan data penelitian sebagai berikut :

Tabel 1. Kodevikasi Spesimen Fe -Carbon 1%, 2% dan 3%

| Kompaksi 9000 Psi | | | |
|-------------------|-----------------------------------|--------|--------|
| Komposisi \ Waktu | Iron Powder Carbon 99%, 98% & 97% | | |
| | Temperatur 1000°C | | |
| | 1% (1) | 2% (2) | 3% (3) |
| 30 Menit (A) | A1 (a) | A2 (a) | A3 (a) |
| | A1 (b) | A2 (b) | A3 (b) |
| | A1 (c) | A2 (c) | A3 (c) |
| 60 Menit (B) | B1 (a) | B2 (a) | B3 (a) |
| | B1 (b) | B2 (b) | B3 (b) |
| | B1 (c) | B2 (c) | B3 (c) |
| 90 Menit (C) | C1 (a) | C2 (a) | C3 (a) |
| | C1 (b) | C2 (b) | C3 (b) |
| | C1 (c) | C2 (c) | C3 (c) |

Tabel 2. Kodevikasi Spesimen Fe Murni

| Kompaksi 9000 Psi | | | |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Waktu \ Komposisi | TEMPERATUR 1000°C | | |
| | 30 Menit (A) | 60 Menit (B) | 90 Menit (C) |
| Fe murni (4) | A4 | B4 | C4 |

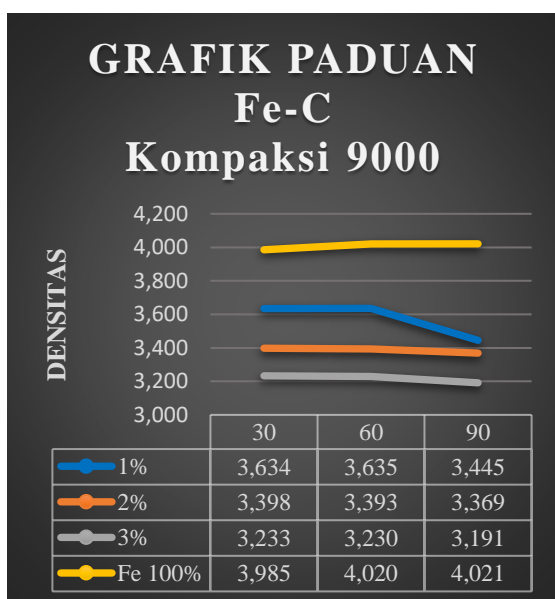
Keterangan Kodevikasi:

- (a) = Spesimen 1
- (b) = Spesimen 2
- (c) = Spesimen 3
- (1) = (IRON POWDER 99% – CARBON 1%)
- (2) = (IRON POWDER 98% – CARBON 2%)
- (3) = (IRON POWDER 97% – CARBON 3%)
- (4) = (IRON POWDER 100%)
- (A) = Waktu 30 Menit
- (B) = Waktu 60 Menit
- (C) = Waktu 90 Menit
- A1 = Waktu 30 Menit Iron Powder 99% - Carbon 1% Temperatur Sintering 1000°C
- A2 = Waktu 30 Menit Iron Powder 98% - Carbon 2% Temperatur sintering 1000°C
- A3 = Waktu 30 Menit Iron Powder 97% - Carbon 3% Temperatur Sintering 1000°C
- B1 = Waktu 60 Menit Iron Powder 99% - Carbon 1% Temepatur Sintering 1000°C
- B2 = Waktu 60 Menit Iron Powder 98% - Carbon 2% Temperatur Sintering 1000°C
- B3 = Waktu 60 Menit Iron Powder 97% - Carbon 3% Temperatur Sintering 1000°C
- C1 = Waktu 90 Menit Iron Powder 99% - Carbon 1% Temperatur Sintering 1000°C
- C2 = Waktu 90 Menit Iron Powder 98% - Carbon 2% Temperatur Sintering 1000°C
- C3 = Waktu 90 Menit Iron Powder 97% - Carbon 3% Temperatur Sintering 1000°C
- A4 = 30 Menit Temperatur Sintering 1000°C, Iron Powder 100%
- B4 = 60 Menit Temperatur Sintering 1000°C, Iron Powder 100%
- C4 = 90 Menit Temperatur Sintering 1000°C, Iron Powder 100%

Hasil Uji Densitas

Tabel 2. Hasil Rata Rata Densitas Iron Powder 99%, 98% & 97% - Carbon 1%, 2% & 3%

| Komposisi | Densitas Waktu Tahan 30 Menit (gr/cm ³) | Densitas Waktu 60 Menit (gr/cm ³) | Densitas Waktu 90 Menit (gr/cm ³) |
|-----------|---|---|---|
| 1% | 3,634 | 3,635 | 3,445 |
| 2% | 3,398 | 3,393 | 3,369 |
| 3% | 3,233 | 3,230 | 3,191 |
| Fe-100% | 3,985 | 4,020 | 4,021 |



Gambar 6. Grafik Pengaruh Tekanan dan sintering terhadap Densitas

Dilihat pada gambar memperlihatkan pengaruh komposisi 1% dengan kompaksi 9000 Psi pada waktu tahan sintering 60 menit pada specimen paduan FeC Memiliki nilai densitas 3,635gr/cm³ kemudian seiring meningkatnya variable pada komposisi nilai densitas pada specimen makin meningkat seperti yang di tunjukan pada gambar 4.7.namun pada waktu tahan sintering 3% dengan kompaksi 9000 Psi dengan waktu tahan 90 menit nilai densitas berada pada grafik terendah yaitu dengan nilai densitas 3,191gr/cm³ penurunan yang sangat drastis ini disebabkan oleh proses mixing yang kurang merata sehingga pada saat proses sintering dengan waktu tahan 90 menit proses defuse antar partikel bahan Fe dan Carbon tidak saling melekat dan menimbulkan rongga pada specimen tersebut.

Kemudian grafik pada komposisi 2% dengan kompaksi 9000 Psi dengan waktu tahan 30 menit mengalami kestabilan dengan nilai densitas 660,9gr/cm³ seperti di tunjukan pada gambar tidak menaik grastis maupun penurunan yang sangat banyak. Sehingga nilai tertinggi pada variasi komposisi 99% : 1% dengan waktu 30 menit menjadi nilai paling tertinggi dan pada variasi komposisi 97% : 3% dengan waktu 90 menit menjadi variasi penurunan terendah disebabkan ketika proses pencetakan specimen kondisi cetakan yang kurang baik karena permukaan dalam cetakan kurang halus sehingga pada saat proses pengeluaran specimen dari cetakan bagian luar specimen mengalami keretakan sehingga berdampak menurunnya nilai densitas.

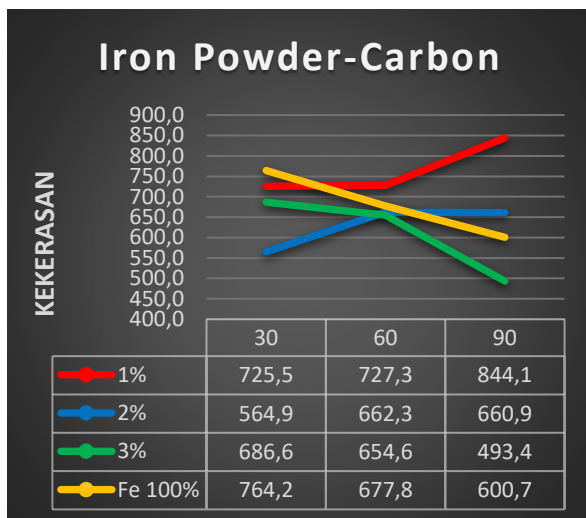
Grafik pada gambar memperlihatkan komposisi 1% dengan kompaksi 9000 Psi dengan waktu 60 menit di dapat nilai rata-rata 3,635gr/cm³, namun grafik mengalami penurunan pada komposisi 2% dan penurunan lagi pada komposisi 3%. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencetakan specimen sangat menentukan nilai densitas karena dari grafik menunjukan penurunan nilai densitas berbanding lurus naiknya komposisi, menurunnya nilai densitas ini di sebabkan oleh factor cetakan yang kurang lurus dan adanya goresan sehingga pada tekanan kompaksi 9000 dan waktu tahan 90 menit mengalami banyak resiko yang sangat tinggi keretakan yang disebabkan tekanan meninggi sehingga pada pengeluaran specimen dari cetakan.

Dari gambar menunjukan grafik paling tinggi nilai densitas Fe-100% dengan variasi kompaksi 9000 Psi, Menunjukan pada suhu sintering dengan waktu 90 menit mengalami kenaikan densitas 4,021 gr/cm³, kemudian pada waktu 60 Menit mempunyai nilai rata-rata densitas 4,020 gr/cm³. namun mengalami penurunan pada waktu 30 Menit densitasnya seiring dengan menurunnya waktu tahan sintering yang diberikan. Mengingat hubungan komposisi *Iron Powder* 100% masih banyak pengotornya untuk lebih jelasnya bias dilihat pada gambar

Hasil Uji Kekerasan (HVN)

Tabel 3. Hasil Rata Rata Kekerasan Kekerasan Dengan Variasi Komposisi dan Waktu Tahan Sintering

| Komposisi | Kekerasan | Kekerasan | Kekerasan |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Waktu 30 Menit (HVN) | Waktu 60 Menit (HVN) | Waktu 90 Menit (HVN) |
| 1% | 725,5 | 727,3 | 844,1 |
| 2% | 564,9 | 662,3 | 660,9 |
| 3% | 686,6 | 654,6 | 493,4 |
| Fe-100% | 764,2 | 677,8 | 600,7 |



Gambar 7. Grafik Pengaruh Tekanan dan sintering terhadap Kekerasan

Di lihat pada gambar pengaruh komposisi dan suhu sintering terhadap nilai kekerasan iron powder – carbon dengan komposisi 97% : 3% mengalami penurunan dengan variable komposisi yang di berikan. Hal ini disebabkan pada saat sintering menggunakan waktu 90 menit. Hal ini disebabkan pada proses pengeluaran specimen pada cetakan mengalami keretakan pada sisi specimen dan menghasilkan pori-pori atau rongga pada specimen sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kekerasan 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 97% : 3%, yang terlihat pada grafik 4.8. komposisi yang memiliki nilai kekerasan tertinggi pada paduan *Iron Powder – Carbon* pada waktu sintering 90 Menit didapat pada komposisi 1%.

Terlihat pada gambar 4.8 pada specimen *Iron Powder* 100% dengan waktu tahan sintering

90 Menit terjadi penurunan nilai kekerasan seiring dengan meningkatnya variable temperature yang diberikan. Hal ini di sebabkan karena kurangnya pada waktu tahan sintering sehingga partikel tidak mengalami perlakuan panas dengan sempurna.

Pada gambar grafik 4.8, paduan *iron powder – carbon* dengan komposisi 3% mengalami penurunan kekerasan. Pada waktu tahan sintering 60 Menit nilai kekerasan yang di hasilkan yaitu 662,3 HVN. Hal ini bisa disebabkan pada proses pencampuran specimen dengan pencampuran 97% : 3% dan waktu tahan sintering terlalu tinggi. Hal ini bias juga dari pencetakan dan proses pengeluaran specimen pada cetakan mengalami keretakan pada sisi specimen sehingga mengakibatkan terjadi menurunnya nilai kekerasan terhadap komposisi. Dan ukuran butir yang kurang menyatu dengan penguat.

Pada paduan *Iron Powder – Carbon* dengan komposisi 99% : 1% mengalami kenaikan kekerasan, dengan waktu tahan sintering 90 Menit, nilai kekerasan yang di hasilkan yaitu 844,1 HVN. Nilai rata-rata kekerasan yang dihasilkan yaitu 662,3 HVN. Nilai kekerasan yang didapatn mengalami kenaikan dengan stabil disbanding dengan komposisi lainnya.

Pengaruh komposisi dan waktu tahan sintering terhadap nilai kekerasan pada specimen paduan *Iron Powder – Carbon* dengan *iron powder 100%* menghasilkan perbandingan. Pada *Iron Powder* pengaruh komposisi dan waktu tahan sintering terhadap nilai kekerasan yang memiliki nilai rata-rata, pada variasi waktu tahan sintering 90 Menit mendapatkan nilai kekerasan terendah yaitu dengan nilai 600,7 HVN dan nilai tertinggi yaitu 764,2 HVN. Selisih kekerasan tertinggi antara *Iron Powder – Carbon* dengan Fe 100% yaitu 654,6 HVN. Komposisi dan waktu tahan sintering sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Begitu juga dengan factor ukuran butir yang berpengaruh pada nilai kekerasan. Hal ini dapat dilihat pada gambar grafik 4.8 .

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang berjudul “ANALIS VARIASI KOMPOSISI DAN WAKTU TAHAN SINTERING PADA PADUAN SERBUK BESI DAN SERBUK ARANG BATOK KELAPA LOKAL DENGAN METODE METALURGI SERBUK TERHADAP DENSITAS DAN NILAI KEKERASAN” maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada paduan Serbuk Besi (*Iron powder*) – Serbuk Arang (*Carbon*) dengan komposisi 99%:1%, 98%:2% dan 97%:3% pada kompaksi 9000 Psi Banyak mengalami nilai densitas ketidak stabilan begitu pula pada nilai kekerasannya. Kompaksi dengan variabel 9000 Psi pada Serbuk Besi (*Iron powder*) murni memberikan pengaruh terhadap nilai densitas dan kekerasan, seperti pada kompaksi 9000 Psi dengan waktu tahan sintering 60 menit mendapatkan nilai rata-rata densitas tertinggi yaitu 4,021 gr/cm³ dan terlihat pada kompaksi 9000 Psi dengan waktu tahan sintering 30 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan 654,6 HVN.
2. Waktu tahan sintering dengan variabel 30 menit, 60 menit, dan 90 menit Pada paduan serbuk Besi (*Iron powder*) – serbuk Arang (*Carbon*) dengan komposisi 98%:2% memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan, seperti pada kompaksi 9000 Psi, semakin lama waktu tahan sinteing semakin tinggi nilai kekerasannya, Waktu tahan sintering 90 menit mendapatkan nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu 844,1 HVN. Namun nilai densitas mengalami ketidakstabilan. Waktu tahan sintering dengan variabel 30 menit, 60 menit, dan 90 menit Pada serbuk Besi (*Iron powder*) murni memberikan pengaruh terhadap nilai densitas dan kekerasan. Berbanding terbalik dengan densitas semakin lama waktu tahan sintering semakin rendah nilai kekerasan, terlihat pada kompaksi 9000 Psi dengan waktu tahan sintering 90 menit memiliki nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu 600,7 HVN, sedangkan pada waktu tahan 30 menit memiliki nilai

rata-rata kekerasan tertinggi yaitu 764,2 HVN.

3. suhu 1000 °C sebesar 572,6 HVN.

Agar supaya pada penelitian beikutnya lebih baik mengenai waktu tahan sintering dan penekanan kompaksi terhadap nilai kekerasan dan densitas, maka penulis menyarankan:

1. Pada tahap pencampuran dilakukan, harap lebih diperhatikan guna menghindari adanya kesalahan dalam tahap tersebut.
2. Penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan mengatur komposisi yang lebih rendah dan pemilihan temperatur sintering harap lebih di pehatikan.
3. Penelitian berikutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan cetakan yang lebih baik dan menggunakan *hot compaction*.

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.”
- 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). <http://repository.untag-sby.ac.id/id/eprint/9790/0Ahttp://repositor y.untag-sby.ac.id/9790/80/BAB II.pdf>.

- 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 PERMUKAN 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.
- 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 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.