



Analisis Eksperimen Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Sintering Terhadap Kekerasan Dan Densitas Al-Ti 12% Dengan Metode Metalurgi Serbuk

Muhammad Amirul Mahfud, Mastuki

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: mahfudamirul0@gmail.com

ABSTRAK

Metalurgi serbuk adalah suatu kegiatan yang meliputi pembuatan barang komersial, baik jadi atau setengah jadi, dari bubuk dengan pengepresan. Dari perkembangan teknologi yang sangat pesat dan Indonesia yang berada di daerah tropis menyebabkan curah hujan, kelembapan, serta intensitas cahaya matahari yang tinggi. Material yang memiliki sifat tahan korosi sangat dibutuhkan oleh masyarakat, mengharuskan kita membuat suatu paduan yang mempunyai ketahanan terhadap korosi dan suhu tinggi. Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi yaitu tekanan kompaksi (5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi dan 7000 Psi) dalam waktu tahan tekan 10 menit dan temperatur sintering (450°C dan 500°C) dalam waktu tahan sintering selama 90 menit dengan paduan aluminium sebagai matriks 2,640gr dan titanium sebagai penguat 0,360gr. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekerasan dan densitas dengan metode metalurgi serbuk. Dari hasil analisis variasi pengaruh tekanan pemadatan dan temperatur sintering terhadap paduan Al-Ti12% yang mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada tekanan kompaksi 6000 Psi sebesar 45,208 HRB dan nilai densitas tertinggi pada tekanan kompaksi 5000 Psi sebesar 3,010 gr/cm³. Pada Aluminium murni dengan nilai kekerasan tertinggi pada tekanan 6000 Psi yaitu 42,620 HRB dan nilai densitas tertinggi pada tekanan 5500 Psi yaitu 2,822 gr/cm³. Paduan Al-Ti12% mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 450°C yaitu 45,208 HRB dan nilai densitas tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 3,010 gr/cm³. Pada Aluminium murni nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 42,620 HRB dan nilai densitas tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 2,822 gr/cm³.

Kata kunci: Aluminium, Al-Ti, Densitas, Kekerasan, Metalurgi serbuk, Tekanan, Temperatur, Titanium

ABSTRACT

Powder metallurgy is an activity involving the manufacture of commercial goods, either finished or semi-finished, from powder by pressing. From the very rapid development of technology and Indonesia being in the tropics, it causes high rainfall, humidity, and high intensity of sunlight. Materials that have corrosion-resistant properties are very much needed by the community, requiring us to make an alloy that has resistance to corrosion and high temperatures. In this study, several variations were used, namely the compaction pressure

(5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi and 7000 Psi) in a press holding time of 10 minutes and a sintering temperature (450°C and 500°C) in a sintering time of 90 minutes with an alloy aluminum as matrix 2.640gr and titanium as reinforcement 0.360gr. This study aims to determine the effect of hardness and density with powder metallurgy method. From the results of the analysis of variations in the effect of compaction pressure and sintering temperature on Al-Ti12% alloy which has the highest hardness value at 6000 Psi compaction pressure of 45.208 HRB and the highest density value at 5000 Psi compaction pressure of 3,010 gr/cm³. Pure Aluminum with the highest hardness value at 6000 Psi pressure is 42.620 HRB and the highest density value at 5500 Psi pressure is 2.822 gr/cm³. Al-Ti12% alloy has the highest hardness value at a temperature of 450°C which is 45.208 HRB and the highest density value at a temperature of 500°C is 3,010 gr/cm³. In pure aluminum, the highest hardness value is at a temperature of 450°C which is 42.620 HRB and the highest density value is at a temperature of 500°C which is 2.822 gr/cm³.

Key words: Aluminum, Al-Ti, Density, Hardness, Powder metallurgy, Pressure, Temperature, Titanium

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi setiap tahun mengalami perubahan yang begitu pesat, hal itu didasari atas penyusuaian kebutuhan masyarakat modern. Maka dari itu, dibutuhkan material yang memiliki sifat unggul. Salah satunya ialah, kebutuhan atas paduan yang memiliki sifat tahan korosi, dikarenakan Indonesia yang terletak di daerah tropis menyebabkan curah hujan, kelembaban, dan intensitas sinar matahari yang tinggi. Mengharuskan kita membuat suatu paduan yang memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik dan kemampuan aplikasi pada suhu tinggi.

Logam aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh Hans Christian Oersted dan dikembangkan secara industri pada tahun 1886 oleh Paul Heroult di Perancis dan C.M. Secara terpisah mereka berdua telah berhasil memperoleh logam aluminium dari alumina melalui elektrolisis. Aluminium (Al) merupakan unsur yang paling melimpah di bumi dan logam yang paling banyak digunakan setelah baja. (Rif'at, 2017)

Titanium memiliki densitas rendah, tahan korosi, dan memiliki biokompatibilitas tinggi dengan tubuh. Adapapun pengertian Titanium adalah kristal putih yang merupakan salah satu logam yang paling melimpah keempat di

dunia setelah aluminium, besi dan magnesium. (Supriyanto dkk., 2007). Titanium sangat penting bagi industri penerbangan dan militer terkhususnya pesawat terbang karena Titanium memiliki sifat ringan, kuat, tahan korosi, tahan panas dengan titik lebur 1.668°C dan Titanium termasuk logam transisi (Awaluddin, 2019)

Metalurgi serbuk adalah kegiatan yang meliputi pembuatan barang komersial, baik jadi atau setengah jadi, dari serbuk dengan cara pengepresan. Metalurgi serbuk menggabungkan dua atau lebih material komposit dengan sifat yang berbeda. Komposit adalah sejumlah sistem multi fasa dengan sifat gabungan, yaitu gabungan dari suatu matriks atau bahan pengikat dengan suatu penguat. Perpaduan tersebut menghasilkan material komposit yang memiliki karakter dan sifat yang berbeda dari unsur-unsur utamanya. Keuntungan dari penerapan metalurgi serbuk yaitu dapat mengontrol kualitas dan kuantitas material, memiliki presisi tinggi, selama pemrosesan menggunakan suhu rendah, dan kecepatan produk tinggi. Dengan demikian, material komposit dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini, pengaruh waktu diprioritaskan saat menggabungkan elemen. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki dan memperkuat struktur material. Sehingga

untuk mendapatkan hasil paduan yang lebih optimal maka dilakukan uji kekerasan dari variasi waktu sintering material. (Wibawa & Tegar, 2020)

Ada beberapa metode yang digunakan dalam mensintesis aluminium dengan titanium seperti metalurgi serbuk, pengecoran dll. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metalurgi serbuk (*powder metallurgy*), yang memiliki aplikasi yang sangat luas dalam teknik fabrikasi di dunia industri dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses pengecoran logam. Penelitian ini bertujuan untuk menguasai pembuatan dan menentukan komposit yang dianalisis secara mendalam yaitu Aluminium Murni 88% dengan unsur Titanium 12% terhadap spesimen. Pada tekanan pemadatan sebesar 5000, 5500, 6000, 6500, dan 7000 Psi dengan waktu tekan tahan 10 menit. Untuk temperatur sintering sebesar 450°C dan 500°C dengan waktu tahan sintering selama 90 menit. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan, densitas, dan struktur mikro dari paduan Al-Ti 12%.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Penelitian ini memakai beberapa tahapan, yaitu yang pertama mulai dari studi literatur dan studi lapangan kemudian menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat yang digunakan untuk membuat spesimen yaitu cetakan, neraca digital, *press* hidrolik, *stopwatch*, gelas takar dan sendok.

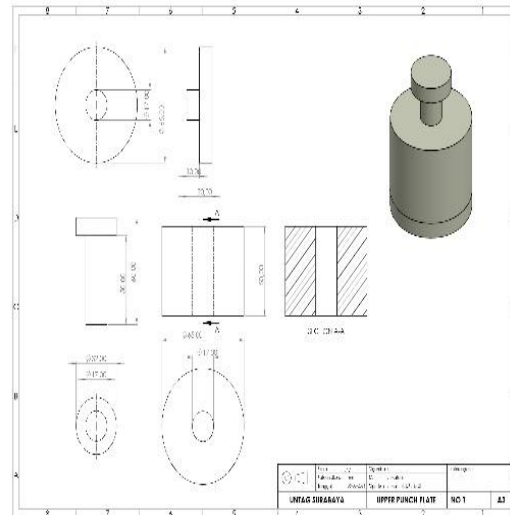
Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah partikel Aluminium grade 420A dengan ukuran partikel 230 micron dan serbuk titanium dengan ukuran 250 mesh.

Variabel

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi yaitu tekanan kompaksi 5000, 5500, 6000, 6500, dan 7000 psi dalam waktu tahan tekan 10 menit dan variasi temperatur sintering 450°C dan 500°C dengan waktu penahanan sintering 90 menit.

Pembuatan benda uji

Cetakan yang digunakan yaitu memakai bahan baja ST-50 dengan diameter lubang 17mm dan tinggi badan cetakan 50mm.



Gambar 1. Sketsa cetakan

Pada proses penimbangan menggunakan neraca digital yang sudah dikalibrasi, dengan berat total sebesar 3,000 gram. Dimulai partikel titanium ditimbang dengan berat 0,360 gram dan ditambahkan partikel aluminium murni sebesar 2,640 gram setelah proses penimbangan, partikel diaduk selama 1 menit. Proses pengadukan dilakukan agar partikel matriks dan penguat diharapkan tercampur dengan merata. Setelah itu serbuk dimasukkan ke dalam cetakan dan di press menggunakan press hidrolik. Untuk tekanan kompaksi yang digunakan yaitu 5000, 5500, 6000, 6500 dan 7000 Psi dengan waktu tahan tekan selama 10 menit.

Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas ini dilakukan untuk memanaskan benda uji yang sudah selesai dicetak agar terjadi pengikatan antar partikel matriks dan penguat. Temperatur yang digunakan dalam proses perlakuan panas ini tidak boleh melebihi batas titik lebur. Maka proses perlakuan panas ini menggunakan temperatur 450°C dan 500°C dengan waktu tahan sintering selama 90 menit. Setelah proses perlakuan panas, benda uji dilakukan proses pendinginan dengan memakai suhu

ruangan (*normalizing*). Setelah pendinginan selesai masuk ketahap pengujian spesimen. Alat yang digunakan untuk perlakuan panas yaitu Furnace Tipe 30400 dengan Merk Thermolyne.

Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian yang dilakukan yaitu Pengujian Kekerasan Rockwell B, Densitas dan Struktur Mikro.

Pengujian Kekerasan Rockwell B digunakan untuk mengetahui sifat mekanis suatu material. Sesuai Tabel 1 bahwa Pengujian Kekerasan Rockwell B yaitu memakai indenter bola diameter 1/16”, beban tekan utama 100Kgf dan beban minor 90 Kgf. Material yang akan diuji diletakkan pada Anvil selanjutnya dilakukan penekanan pada permukaan material uji, untuk hasil dari pengujian dapat dilihat pada dial indikator.

Tabel 1. Skala kekerasan rockwell yang diterapkan pada material

Beban Awal Kgf (N)	Beban Total Kgf (N)	Tipe Indentor	Skala Rockwell
10 (98,07)	60 (588,4)	Intan	HRA
10 (98,07)	100 (980,7)	1/16 bola	HRB
10 (98,07)	150 (147,1)	Intan	HRC
3 (29,42)	15 (147,1)	Intan	HR15N
3 (29,42)	30 (294,2)	1/16 Bola	HR30T
3 (29,42)	45 (441,3)	Intan	HR45N

Pengujian Densitas digunakan untuk menentukan nilai rapatan suatu material. Alat yang digunakan saat proses pengujian ini yaitu neraca digital dan jangka sorong. Nilai yang dicari dari pengujian ini yaitu massa benda uji yang ditimbang memakai neraca digital yang sudah dikalibrasi, selanjutnya mengukur tinggi dan diameter benda uji menggunakan jangka sorong yang sudah dikalibrasi.

Pengujian Struktur Mikro digunakan untuk mengamati distribusi antar partikel pada suatu material. Alat yang harus disiapkan sebelum benda uji dilakukan pengujian yaitu Amplas, autosol, hair dryer, alkohol, cairan etsa krall reagent dan mikroskop optik. pengamplasan dilakukan untuk meratakan benda uji, setelah benda uji dirasa sudah halus diberikan autosol

agar mengkilap untuk memudahkan melihat struktur mikro, selanjutnya diberikan cairan alkohol kemudian dikeringkan menggunakan hair dryer untuk tahap akhir diberikan cairan etsa krall reagent, terakhir dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 363,5x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B dan Pembahasan

Pengujian Kekerasan dilakukan untuk mengetahui gambaran sifat mekanis pada suatu material. Setiap benda uji dilakukan lima kali penitikan, hal ini diharapkan dapat mengetahui nilai rata-rata kekerasan pada setiap benda uji.



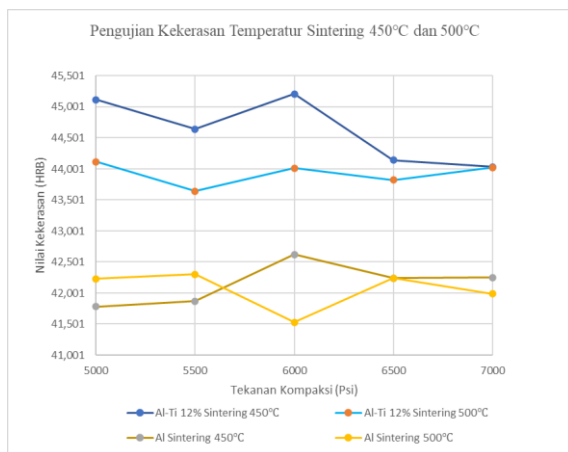
Gambar 2. Material spesimen yang telah diuji Kekerasan Rockwell B

Tabel 2. Hasil nilai rata-rata pengujian kekerasan paduan Al-Ti 12%

Kompaksi (Psi)	Temperatur (°C)	Rata-rata (HRB)
5000	450°C	45,116
5500		44,644
6000		45,208
6500		44,140
7000		44,036
5000	500°C	44,116
5500		43,644
6000		44,012
6500		43,824
7000		44,024

Tabel 3. Hasil nilai rata-rata pengujian kekerasan Al murni

Kompaksi (Psi)	Temperatur (°C)	Rata-rata (HRB)
5000	450°C	41,780
5500		41,870
6000		42,620
6500		42,240
7000		42,250
5000	500°C	42,230
5500		42,300
6000		41,530
6500		42,240
7000		41,990



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell B

Berdasarkan gambar 3 grafik hubungan tekanan terhadap nilai kekerasan partikel paduan Al-Ti 12% pada temperature sintering 450°C menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada tekanan 5000 sampai 6000 Psi diberikan mengalami ke tidak stabilan dan ditekan 6000 Psi hingga 7000 Psi nilai kekerasannya menurun. Hal ini disebabkan pada proses pencampuran yang kurang merata dan juga saat proses penuangan partikel paduan Al-Ti dicetak yang meninggalkan sisa serbuk dicorong hal ini berakibat nilai kekerasan pada setiap tekanan tidak stabil dan mengalami penurunan, dapat disimpulkan nilai kekerasan tertinggi pada tekanan 6000 Psi yaitu 45.208 dan terendah pada tekanan 7000 Psi yaitu 44.036.

Berdasarkan gambar 3 grafik hubungan tekanan terhadap nilai kekerasan partikel paduan Al-Ti 12% pada temperatur sintering 500°C menunjukkan hal yang sama seperti temperatur 450°C tetapi pada tekanan 6500 Psi hingga 7000 Psi nilai kekerasannya naik. Hal ini terjadi karena temperatur yang lebih tinggi mengakibatkan terjadinya proses difusi pada partikel paduan Aluminium terhadap titanium yang ditandai dengan perubahan fisik setelah proses sintering. Pada perbandingan antara temperatur 450°C dan 500°C paduan Al-Ti 12% ini dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan paduan Al-Ti 12% lebih tinggi pada temperatur 450°C dibandingkan temperatur 500°C hal ini dapat dilihat pada gambar grafik 3 yang menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 450°C yaitu 45,208 sedangkan nilai tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 44,116. Faktor ini karena terjadinya proses difusi pada spesimen paduan Al-Ti saat proses sintering dilakukan yang mengakibatkan nilai kekerasan tertinggi berada di temperatur 450°C

Berdasarkan gambar 3 grafik hubungan tekanan terhadap nilai kekerasan partikel Aluminium murni pada temperatur sintering 450 °C pada tekanan 5000 Psi hingga 6000 Psi meningkat dan pada tekanan 6000 Psi hingga 7000 Psi nilai kekerasannya menurun. Hal ini terjadi karena suhu terbaik pada proses sintering antara 460°C hingga 590°C yang berakibat naik turunnya nilai kekerasan disetiap beban tekanan.

Berdasarkan gambar 3 grafik hubungan tekanan terhadap nilai kekerasan pada partikel Aluminium murni pada temperatur sintering 500°C menunjukkan hal yang sama seperti temperatur 450°C akan tetapi nilai kekerasannya yang didapatkan mengalami ketidak stabilan dan penurunan dibandingkan pada nilai kekerasan di temperatur 450°C hal ini disebabkan oleh ikatan antara partikel kurang kuat dan padat yang mengakibatkan nilai kekerasan yang didapatkan turun, bisa disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu 42.230 dan terendah yaitu 41.530. Dari perbandingan partikel Aluminium murni pada temperatur sintering 450 °C dan 500 °C dapat

disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 450°C yaitu 42,620 sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 42.300. Faktor ini terjadi karena proses pendinginan (*normalizing*) kurangnya proses kontrol dan memperhatikan suhu ruangan yang mengakibatkan mengurangnya nilai kekerasan pada spesimen.

Hasil Pengujian Densitas dan Pembahasan

Hasil nilai densitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{\pi \times r^2 \times t} \dots\dots\dots(1)$$

Contoh perhitungan :

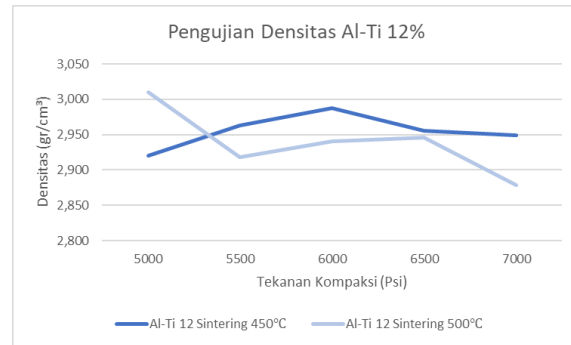
$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{(\pi \times r^2 \times t)} = \frac{m}{(3,14 \times 8,5^2 \times 4,55)} \\ &= \frac{2,996}{(1,03)} \\ &= 2.902 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Dimana:

- ρ = Densitas (gr/cm³)
- m = Massa benda (gr)
- t = Tinggi benda (mm)
- r^2 = Jari-jari benda (mm)

Tabel 4. Hasil nilai rata-rata pengujian densitas paduan Al-Ti 12%

Kompaksi (Psi)	Temperatur (°C)	Rata-rata (gr/cm ³)
5000	450°C	2,920
5500		2,983
6000		2,988
6500		2,955
7000		2,950
5000	500°C	3,010
5500		2,918
6000		2,940
6500		2,945
7000		2,879



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Densitas pada Al-Ti 12%

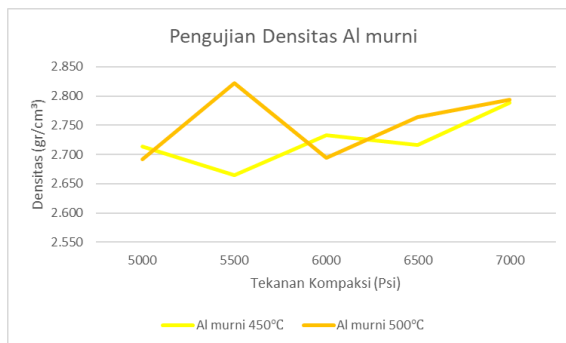
Berdasarkan gambar 4 grafik hubungan tekanan terhadap nilai densitas partikel paduan Al-Ti 12% pada suhu sintering 450°C menunjukkan bahwa tekanan 5000 Psi hingga 6000 Psi mengalami kenaikan, nilai densitasnya semakin tinggi hal ini disebabkan oleh beban tekanan yang diberikan pada spesimen semakin besar. Beban tekan yang diberikan pada spesimen sangat mempengaruhi hasil nilai densitas yang didapat, namun pada beban tekanan 6000 Psi hingga 7000 Psi mengalami Penurunan, hal ini dikarenakan terjadinya proses difusi pada saat proses sintering dilakukan dan perbedaan ukuran mesh antara partikel Aluminium sebagai bahan dasar matrik dan Titanium sebagai bahan dasar penguat,

Berdasarkan gambar 4 grafik hubungan tekanan terhadap nilai densitas partikel paduan Al-Ti 12% pada suhu sintering 500°C menunjukkan bahwa tekanan 5000 Psi hingga 5500 Psi mengalami penurunan nilai densitas dan pada beban tekan 5500 Psi sampai 6500 Psi nilai densitas mengalami kenaikan, nilai densitasnya semakin tinggi hal ini disebabkan oleh beban tekanan yang diberikan pada spesimen semakin besar. Beban tekan yang diberikan pada spesimen sangat mempengaruhi hasil nilai densitas yang didapat, pada beban tekan 7000 Psi nilai densitas menurun hal ini diakibatkan perbedaan ukuran mesh antara partikel Aluminium sebagai bahan dasar matrik dan Titanium sebagai bahan dasar penguat, Pada perbandingan paduan Al-Ti dengan temperatur 450°C dan 500°C ini dapat disimpulkan bahwa nilai densitas temperatur 500°C lebih tinggi dibandingkan dengan

temperatur 450°C, hal ini dapat diketahui pada temperatur 500°C nilai densitas tertinggi yaitu 3,010 gr/cm³, sedangkan nilai densitas tertinggi pada 450°C yaitu 2,988 gr/cm³, faktor ini dipengaruhi oleh temperatur yang lebih tinggi dapat menjadikan spesimen lebih padat.

Tabel 5. Hasil nilai rata-rata pengujian densitas pada Al murni

Kompaksi (Psi)	Temperatur (°C)	Rata-rata (gr/cm ³)
5000	450°C	2,714
5500		2,665
6000		2,733
6500		2,716
7000		2,789
5000	500°C	2,692
5500		2,822
6000		2,695
6500		2,764
7000		2,793



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Densitas pada Al murni

Berdasarkan gambar 5 grafik hubungan tekanan terhadap nilai densitas partikel Aluminium murni pada temperatur sintering 450°C menunjukkan bahwa tekanan 5000 Psi hingga 7000 Psi mengalami ketidak stabilan, hal ini terjadi karena suhu terbaik pada proses sintering partikel Aluminium murni antara 460°C hingga 590°C dan ukuran partikel mesh yang mengakibatkan terjadinya rongga di setiap spesimen.

Berdasarkan gambar 5 grafik hubungan tekanan terhadap nilai densitas partikel Aluminium murni pada suhu sintering 500°C

menunjukkan bahwa tekanan 5000 Psi hingga 6000 Psi mengalami ketidak stabilan, hal ini dikarenakan terjadinya proses difusi pada saat proses sintering dilakukan, sehingga meninggalkan pori-pori yang mengakibatkan turunnya nilai densitas, namun pada beban 6000 Psi hingga 7000 Psi nilai densitas meningkat dikarenakan beban tekanan yang diberikan pada spesimen semakin besar maka nilai densitas yang didapat semakin tinggi. Pada perbandingan temperatur sintering 450°C dan 500°C dapat disimpulkan bahwa lebih tinggi di temperatur 500°C, faktor ini dipengaruhi oleh temperatur yang lebih tinggi dapat menjadikan spesimen lebih padat.

Hasil Pengujian Densitas dan Pembahasan

Tabel 6. Hasil pengujian struktur mikro pada spesimen paduan Al-Ti 12% dengan suhu sintering 450°C

Campuran Al-Ti 12% Suhu Sintering 450°C					
Kompaksi Psi	Spesimen				
	a	b	c	d	e
5000					
5500					
6000					
6500					
7000					

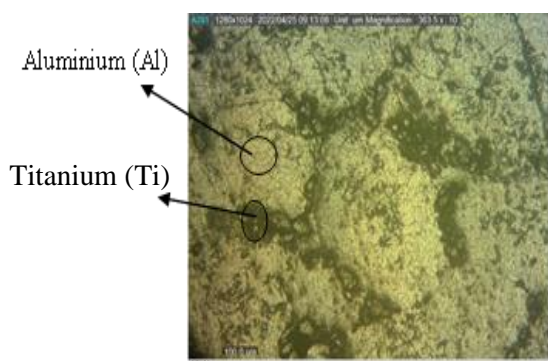
Tabel 7. Hasil pengujian struktur mikro pada spesimen paduan Al-Ti 12% dengan suhu sintering 500°C

Paduan Al-Ti 12% Suhu Sintering 500°C					
Kompaksi Psi	Spesimen				
	a	b	c	d	e
5000					
5500					
6000					
6500					
7000					

Tabel 8. Hasil pengujian struktur mikro pada spesimen Al murni dengan suhu sintering 450°C dan 500°C

Kompaksi	Spesimen 450°C		Spesimen 500°C	
	a	b	a	b
5000				
5500				
6000				
6500				
7000				

Berdasarkan tabel 6 menunjukkan hasil struktur mikro dengan pembesaran 363,5X. Pada proses pembuatan spesimen paduan matrik dan partikel penguat titanium diharapkan dapat terdistribusi secara merata. Karena jika terjadi penggumpalan pada spesimen dapat mengurangi sifat fisis dan mekanis dari paduan tersebut. Pada proses sintering, atom akan bergerak untuk meningkatkan jumlah kontak antara partikel dan terbentuknya kaitan antar butir. Pada pengamatan hasil struktur mikro pada tabel 6 dan 7 untuk masing-masing temperatur menunjukkan bahwa antar partikel Al dan Ti tidak terdistribusi secara merata, sehingga mempengaruhi sifat fisis dan sifat mekanis dari sampel paduan. Butiran aluminium berwarna (terang) dan butiran Ti berwarna (gelap) terlihat jelas adanya penggumpalan yang menandakan partikel matrik dan penguat belum membentuk ikatan antar partikel dengan sempurna.



Pada pengamatan hasil struktur mikro pada tabel 8 untuk masing-masing temperatur menunjukkan bahwa antar partikel aluminium belum terjadi pengikatan antar partikel, karena mesh pada aluminium yang digunakan berukuran ± 70 mesh yang menjadikan rongga pada spesimen. Pada pengamatan hasil pemotretan spesimen aluminium murni yang berwarna (terang) adalah aluminium murni dan warna (gelap) adalah rongga porositas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian tentang pengaruh tekanan dan temperatur sintering terhadap nilai kekerasan (HRB) dan densitas dengan paduan partikel aluminium sebagai bahan dasar matrik dan partikel titanium sebagai bahan penguat sebesar 12% serta divariasikan tekanan kompaksi dan suhu sintering, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh tekanan kompaksi dengan variasi 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi dan 7000 Psi pada paduan Al-Ti 12% berpengaruh terhadap kekerasan dan densitas. Nilai kekerasan tertinggi pada tekanan kompaksi 6000 Psi yaitu 45,208 HRB dan nilai densitas tertinggi pada tekanan kompaksi 5000 Psi yaitu 3,010 gr/cm³.
2. Pengaruh temperatur sintering dengan variasi 450°C dan 500°C pada paduan Al-Ti 12% berpengaruh terhadap kekerasan dan densitas. Nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 450°C yaitu 45,208 HRB dan nilai densitas tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 3,010 gr/cm³.
3. Pengaruh tekanan kompaksi dengan variasi 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi dan 7000 Psi pada Aluminium murni berpengaruh terhadap kekerasan dan densitas. Nilai kekerasan tertinggi pada tekanan 6000 Psi yaitu 42,620 HRB dan nilai densitas tertinggi pada tekanan 5000 Psi yaitu 2,822 gr/cm³. Pengaruh temperatur sintering dengan variasi

450°C dan 500°C pada Aluminium murni berpengaruh terhadap kekerasan dan densitas. Nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 450°C yaitu 42,620 HRB dan nilai densitas tertinggi pada temperatur 500°C yaitu 2,822 gr/cm³.

Agar penelitian berikutnya lebih baik mengenai pengaruh tekanan kompaksi dan temperatur sintering Al-Ti 12% terhadap nilai kekerasan dan nilai densitas, maka penulis menyarankan :

1. Pada tahap pengadukan partikel harap lebih diperhatikan kembali guna menghindari penggumpalan antar partikel.
2. Pada tahap pendinginan *normalizing* harap lebih diperhatikan kembali.
3. Pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan perlakuan terhadap pendinginan setelah dilakukan proses sintering.
4. Pada penelitian berikutnya dapat ditambahkan pengujian XRD.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Mastuki, S.Si., M.Si atas dukungan, bimbingan dan motivasinya selama penelitian, serta kedua orang tua yang telah memberikan semangat kepada penulis selama penelitian, serta dukungan dan bantuan teman-teman hingga terselesaikannya penelitian ini.

REFERENSI

- Awaluddin, A. (2019). *Pengaruh variasi temperatur pada proses sintering pengaruh variasi temperatur pada proses sintering pengaruh variasi temperatur pada proses sintering terhadap porositas, densitas dan mikrostruktur metalurgi serbuk alumunium diperkuat titanium*. 6-32. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Galuh, C. P., & Isfiyanto, L. P. (2021). *Studi eksperimen pengaruh tekanan dan %mg terhadap densitas, kekerasan dan struktur mikro paduan al-mg dengan metode metalurgi serbuk*. 6-18. Surabaya : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Herdian, W., Gilang, Y. P., & Mastuki. (2021). *Studi eksperimen pengaruh suhu dan waktu tahan sintering terhadap nilai kekerasan dari paduan al-mg dengan metode metalurgi serbuk*. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, 4, 4. Surabaya : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Iis, S. A., Muhammad, R., & Ali, S. (2019). *Pengaruh variasi waktu sintering terhadap karakter intermetallic bonding al-ti hasil metallurgi serbuk*. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, 1-78. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- M, I. N., Meida, Y., & Sugeng, W. (2006). *Pengaruh ukuran butir terhadap porositas dan permeabilitas pada batu pasir*. *Berkala Fisika*, 9, 191-195. Semarang : Universitas Diponegoro Semarang.
- Mohammad, A. Z., & Tomy, F. (2021). *Studi eksperimen pengaruh tekanan dan suhu sintering terhadap densitas*

paduan al-mg dengan metode metalurgi serbuk. 5-21. Surabaya : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Rifat, M. (2017). *Analisa pengaruh variasi waktu sintering terhadap kekerasan dan mikrostruktur pada intermetallic bonding alumunium(al) titanium(ti) hasil metalurgi serbuk.* 6-30. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.

Sujianto, s., & mohamad, n. (2020). *Analisis densitas, kekerasan dan struktur kristal paduan Al-Ti yang dibuat menggunakan teknik pemaduan mekanik.* *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16, 245. Banten : Universitas Pamulang.

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, 190. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Wibawa, & Tegar, A. (2020). *Pengaruh variasi tekanan kompaksi dan waktu sintering terhadap kekerasan komposit al-sic-mg proses metalurgi serbuk.* 1-4. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.

Yusup, H., & Yogi, P. (2016). *Potensi pasir lokal tanjung bintang pada aluminium sand casting terhadap porositas produk hasil cor aluminium.* *Dinamika Teknik Mesin*, 6, 72. Lampung : Universitas Lampung.