



Kaji Eksperimen Pengaruh Campuran Ti 6% Dengan Variasi Kompaksi Dan Suhu Sinter Pada Paduan Al-Ti Terhadap Densitas Dan Kekerasan Dengan Metode Metalurgi Serbuk

Muchammad Rifan Taufiqis Syachroni, Raziv Achmad, Mastuki

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: muchammadrifan255@gmail.com & razivachmad06@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di dunia perindustrian saat ini kian meningkat. Banyak dari perusahaan-perusahaan yang berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas produknya dengan mencoba berbagai 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 Al-Ti terhadap densitas, struktur mikro dan kekerasan. Pada tekanan kompaksi sebesar 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi dan 7000 Psi dengan waktu tahan kompaksi selama 10 menit. Pada suhu sinter sebesar 450°C dan 500°C yang memiliki waktu sinter selama 90 menit. Dari hasil pengujian densitas, semakin besar nilai kompaksi yang diberikan semakin meningkat nilai densitasnya. Seperti pada campuran Al-Ti memberi pengaruh kepada nilai densitas serta nilai kekerasan. Semakin besar kompaksi yang diberikan, semakin tinggi nilai densitasnya. Seperti pada kompaksi 6500 Psi dengan suhu 500°C mendapatkan nilai rata-rata densitas tertinggi yaitu 2,986 gr/cm³. Sedangkan terhadap nilai kekerasan, semakin besar kompaksi yang diberikan semakin besar pula nilai kekerasannya. Terlihat pada kompaksi 6500 Psi dengan suhu 450°C memiliki nilai rata-rata kekerasan 44,760 HRB. Dan pengaruh variasi suhu pada campuran Al-Ti menghasilkan efek kepada nilai densitas serta nilai kekerasan. Semakin tinggi suhu yang diberikan, semakin tinggi nilai densitasnya. Seperti pada kompaksi 6500 Psi dengan suhu 500°C. Begitu pun terhadap nilai kekerasan, semakin tinggi suhu yang diberikan semakin rendah pula nilai kekerasannya. Terlihat pada kompaksi 7000 Psi memiliki nilai rata-rata kekerasan 42,532 HRB. Hal ini dapat dilihat bahwa kompaksi serta suhu sinter sangat memberi pengaruh terhadap nilai densitas serta nilai kekerasan.

Kata kunci: Metalurgi Serbuk, Paduan Al-Ti, Variasi Kompaksi, Sintering, kekerasan

ABSTRACT

The technological developments in the industrial world today are increasing. Many of the companies that compete to improve the quality of their products by varying degrees from middle - to upper - to lower - middle companies. The study used metallic, metallic powders' methods to identify the results of the analysis in the al-ti alloy of densities, microstructures and violence. At 5000 psi, 5500 psi, 6000 psi, 6500 psi, and 7000 psi within 10 minutes. At the sintering temperature of 450°C and 500°C that have a syntax time of 90 minutes. From the density results, the greater the value of the composite, the greater the density-value. As with

the al-ti alloy, it exerts an influence on density and violence. The greater the yield, the higher the value. As per 6500 psi, which at 500°C, gets the highest density average, at 2.986 gr/cm difference. As for the value of violence, the greater the commission, the greater the value of violence. Showing that 6500 psi compresses at 450°C has an average violent value of 44,760 HRB. And the effect of variations in temperature in the al-ti alloy has on density and violence. The higher the temperature given, the higher the density-level. As in 6500 psi compresses at 500°C. As to the value of violence, the higher the temperature given the lower the value of violence. Show 7000 psi compress has an average violent value of 42,532 HRB. It can be seen that kompaksi and cinder temperatures exert great influence on density and violence.

Keywords: metallurgy powder, alloy of al-ti, variations of kompaksi, sintering, violence

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia perindustrian saat ini kian meningkat. Banyak dari perusahaan-perusahaan yang berlomba-lomba untuk meningkatkan kualitas produknya dengan mencoba berbagai macam cara, dari mulai perusahaan menengah ke atas hingga menengah ke bawah.

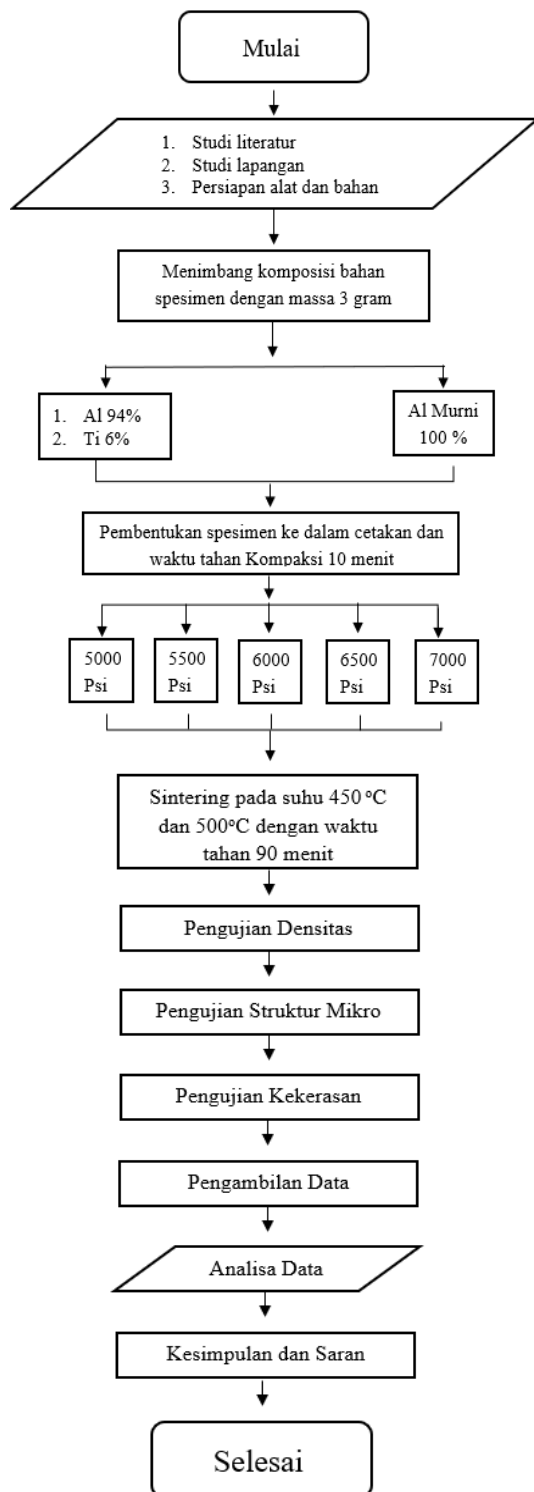
Paduan aluminium telah lama digunakan dalam beberapa komponen karena kekuatannya yang tinggi, kepadatan rendah, kemampuan mesin yang baik dan biaya yang cukup kompetitif (Nst & Isranuri, 2016). Aluminium adalah logam ringan yang umum ditemukan di kerak bumi. Setelah oksigen dan silikon. Aluminium dengan sifatnya yang ringan, fleksibel, tahan terhadap korosi, penghantar listrik serta penghantar panas yang baik. Sifat aluminium yang cenderung lemah dapat diperkuat dengan cara menambahkan unsur paduan seperti Tembaga, Silikon, Seng, Mangan, Nikel, Magnesium dan lain-lain. Titanium yang sifatnya tahan panas menjadikan alasan industri militer banyak yang menggunakannya.

Proses metalurgi serbuk cukup baru serta mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses pengecoran logam. Tetapi proses ini tidak dapat sepenuhnya menggantikan hasil dari proses pengecoran. Setiap langkah-langkah mempunyai keunggulan serta kelemahan. Keunggulan proses metalurgi serbuk antara

lain ialah: Efisiensi bahan yang tinggi, dapat menghasilkan paduan berasal dari bahan dengan kepadatan tinggi serta perbedaan suhu, porositas serta homogenitas bahan yang terkontrol, komposisi paduan yang praktis disesuaikan. Kerugian dari proses metalurgi serbuk antara lain ialah: memiliki bentuk yang keterbatasan serta ukuran benda yang bisa dirancang (Suwanda, 2006). Metalurgi serbuk adalah salah satu teknik produksi dengan memakai serbuk menjadi material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip ini adalah memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan serta memanaskannya (proses sintering) dengan di bawah temperatur leleh. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena prosedur transportasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel (Aisyah, et al., 2019).

Pada penelitian ini menggunakan metode metalurgi serbuk yang bertujuan untuk mengetahui hasil dari analisa pada paduan Al-Ti terhadap densitas, struktur mikro dan kekerasan. Pada paduan komposit sendiri terdapat aluminium murni 94% dan titanium 6%. Untuk tekanan kompaksi sebesar 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi dan 7000 Psi dengan waktu kompaksi 10 menit. Pada suhu sinter sebanyak 450°C serta 500°C yang memiliki waktu tahan suhu sinter 90 menit. Untuk itu penulis ingin membuat penelitian ini untuk mengetahui hasil dari beberapa pengujian pada paduan Al-Ti.

PROSEDUR EKSPERIMEN



Proses Pencampuran

Serbuk aluminium murni (Al) dan serbuk titanium murni (Ti) yang masing-masing massanya telah ditimbang Aluminium Murni sebesar 94% dengan penguat titanium (Ti) sebesar 6% dicampur ke dalam gelas dengan

cara mencampur secara manual pengaduk (*dry mixing*) hingga tercampur rata.



Gambar 1. Proses pencampuran

Pencetakan

Pada pencetakan benda uji ini dilakukan dengan cara pemadatan dengan menggunakan alat penekan hidrolik. Setelah itu serbuk material dimasukkan ke dalam cetakan yang sebelumnya telah dibersihkan menggunakan tisu atau dengan tujuan untuk menghilangkan debu dan kotoran yang ada dalam cetakan.

Proses penekanan kompaksi pada benda uji paduan Al-Ti 6% dan menggunakan alat penekan hidrolik press, dengan waktu tahan kompaksi semua benda uji selama 10 menit, yang bertujuan untuk memperoleh spesimen terbentuk dan kekuatan yang mencukupi. Sehingga benda uji mudah dikeluarkan dari cetakan. Variasi tekanan kompaksi pada benda uji paduan Aluminium – Titanium (Al 94% - Ti 6%) adalah diantara lain:

1. Paduan Aluminium – Titanium (Al-Ti 6%) dengan variasi kompaksi:
 - a. 5000, 5500, 6000, 6500, 7000 Psi dengan waktu kompaksi selama 10 menit.

2. Aluminium Murni dengan variasi kompaksi:
 - a. 5000, 5500, 6000, 6500, 7000 Psi dengan waktu kompaksi selama 10 menit.



Gambar 2. Proses Pencetakan

Sintering

Setelah benda uji dicetak dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan sesuai dengan ukuran cetakan yaitu berbentuk tablet, langkah selanjutnya melakukan proses sintering. Proses sintering ialah perlakuan panas pada material atau benda uji dengan cara dipanaskan hingga tidak melampaui batas maksimal titik lebur, sehingga serbuk material saling mengikat. Proses sintering ini dilakukan dengan mesin oven (*furnace*) serta diatur pada suhu sinter yang telah ditetapkan pada waktu tahan sinter yang sama 90 menit. Suhu sinter yang digunakan terhadap benda uji diantara lain:

1. Paduan Aluminium – Titanium (Al 94% - Ti 6%) dengan suhu sintering:
 - a. 450°C dan 500°C dengan waktu tahan sinter selamat 90 menit.
2. Aluminium Murni dengan variasi suhu sintering:
 - a. 450°C dan 500°C dengan waktu tahan sinter selamat 90 menit.

Langkah – langkah proses perlakuan panas (sintering) pada sampel adalah diantara lain:

1. Menyiapkan benda uji untuk proses sinter.

2. Menghidupkan mesin *furnace* kemudian meletakkan benda uji kedalam mesin oven (*furnace*).
3. Mengatur ketinggian suhu serta waktu proses sinter yang ditetapkan terhadap mesin *furnace*.
4. Saat selesai, otomatis mesin *furnace* akan bekerja pada suhu dan waktu sinter yang telah ditetapkan.
5. Apabila telah mencapai suhu serta waktu sinter yang telah ditetapkan, suhu pada mesin *furnace* akan menurun.
6. Pada proses pendinginan benda uji memakai metode pendinginan suhu ruang (*normalizing*).



Gambar 3. Proses sintering

Pengujian Densitas

Pengujian densitas adalah hasil penentuan nilai densitas suatu benda uji, yang dinyatakan sebagai densitas. Tujuan dari pengujian densitas adalah untuk mengetahui kerapatan spesimen atau densitas hasil perlakuan temperatur sinter dan waktu tahan sinter. Dengan melihat hasil densitas maka massa sampel dinyatakan dalam satuan volume benda uji. Hal ini dapat dilakukan dengan mengukur massa dan dimensi sampel, dan kemudian dapat dihitung nilai densitasnya.

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

Keterangan:

ρ = massa jenis (g/m^3)

m = massa benda (g)

r^2 = jari-jari (mm)

t = tinggi (mm)

Langkah – langkah proses uji densitas pada penelitian ini diantara lain:

1. Menyiapkan alat dan spesimen yang digunakan pada proses pengujian densitas.
2. Menimbang dan mencatat massa awal spesimen sebelum dilakukan pengujian densitas.
3. Mengukur jari-jari dan tinggi spesimen.



Gambar 4. Proses uji densitas

Pengujian Struktur Mikro

Uji struktur mikro ini dilakukan bertujuan untuk mengamati struktur mikro dan butiran yang berada didalam benda uji yang telah memperoleh perlakuan panas. Dengan benda uji yang selesai dihaluskan dan dipoles permukaannya untuk memudahkan terlihat dan terbaca dengan jelas struktur butiran yang terdapat di dalam benda uji tersebut menggunakan kertas amplas dari nomor amplas 250, 800, 1000, 2000. Setelah itu, sebelum dilakukan pengujian dilakukan pengetsaan yaitu dengan cara spesimen diberi cairan alkohol kemudian dikeringkan atau dengan cara di *hair dryer*. Kemudian diberikan cairan etsa *kroll reagent* selama ± 25 detik. Kemudian dibersihkan dengan air mengalir. Setelah itu spesimen tersebut diberi alkohol dan dikeringkan lagi. Setelah semua selesai dilakukan kemudian dilakukan pemotretan menggunakan mikroskop optik untuk menampilkan partikel material.



Gambar 5. Proses uji struktur mikro

Pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan suatu material diartikan menjadi ketahanan suatu material kepada tekanan material keras yang lain dan ketahanan sebuah material kepada deformasi plastis, Uji Rockwell merupakan diantaranya. Pengujian kekerasan Rockwell dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi kinerja produk untuk kekerasan material yang didapat menjadi tepat. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang ideal, diperlukan kerja keras untuk mengurangi kesalahan perhitungan dan mengikuti Standard Operating Procedure (SOP) saat melakukan pengujian kekerasan Rockwell. (Wildanarta, et al., 2021).

Preliminary Force kgf (N)	Total Force kgf (N)	Indenter Type	Rockwell Scale
10 (98.07)	60 (588.4)	diamond	HRA
10 (98.07)	100 (980.7)	1/16 in. ball	HRB
10 (98.07)	150 (1471)	diamond	HRC
3 (29.42)	15 (147.1)	diamond	HR15N
3 (29.42)	30 (294.2)	1/16 in. ball	HR30T
3 (29.42)	45 (441.3)	diamond	HR45N

Gambar 6. Skala kekerasan rockwell yang diterapkan pada material

Metode pengujian kekerasan Rockwell HRB ini dilakukan dengan menggunakan mata tekan bola baja dengan diameter 1/16” (1,59 mm). Total beban uji yang diberikan ialah 100 kg (10 \pm 0.2+90KP), dimana beban utama 10 kg dan 90 kg. Pengujian ini dapat dipakai untuk mengukur kekerasan berkisar 35-110 HRB.



Gambar 7. Proses uji kekerasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Densitas

Spesimen setelah melalui proses kompaksi dan sinter dilakukan pengujian densitas, untuk hasil pengujian densitas suhu 450°C pada paduan Al-Ti dapat dilihat pada tabel 4.3 dan untuk Al Murni ditunjukkan pada tabel 4.4. Sedangkan untuk suhu 500°C pada paduan Al-Ti terdapat pada tabel 4.5 dan untuk Al Murni ditunjukkan pada gambar 4.6. Hasil rata-rata dari pengujian densitas dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut:

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

Contoh perhitungan:

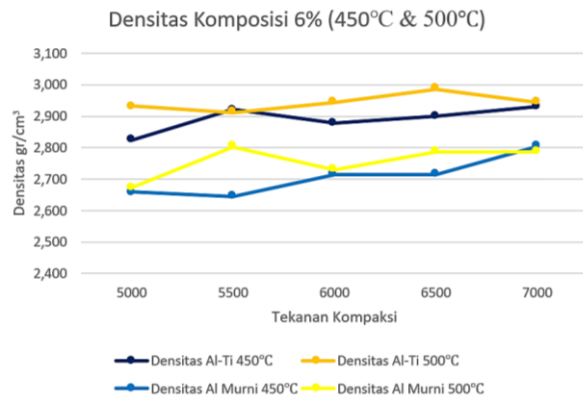
$$Al(a) \rho = \frac{m}{\pi \cdot r^2 \cdot t} = \frac{2,939}{3,14 \cdot (8,5^2) \cdot 4,65} = 2,786 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 1. Tabel hasil uji densitas komposisi Ti 6% suhu 450°C

Kompaksi	Suhu (°C)	Densitas Al-Ti (gr/cm ³)	Densitas Al Murni (gr/cm ³)
5000	450°C	2,823	2,659
5500	450°C	2,921	2,644
6000	450°C	2,879	2,714
6500	450°C	2,901	2,715
7000	450°C	2,931	2,803

Tabel 2. Tabel hasil uji densitas komposisi Ti 6% suhu 500°C

Kompaksi	Suhu (°C)	Densitas Al-Ti (gr/cm ³)	Densitas Al Murni (gr/cm ³)
5000	500°C	2,932	2,674
5500	500°C	2,912	2,802
6000	500°C	2,944	2,729
6500	500°C	2,986	2,787
7000	500°C	2,945	2,787



Gambar 8. Grafik hasil uji densitas komposisi Ti 6%

Pengaruh kompaksi serta suhu sinter kepada nilai densitas pada spesimen campuran Al-Ti dengan Aluminium Murni mendapat hasil perbedaan. Didapatkan campuran Al-Ti dengan variasi pengaruh kompaksi serta suhu sinter kepada nilai densitas, pada kompaksi 6500 Psi dengan suhu 500°C mendapatkan nilai rata-rata densitas tertinggi yaitu 2,986 gr/cm³, dan nilai terendah terdapat pada kompaksi 5000 Psi dengan suhu 450°C yaitu 2,823 gr/cm³. Sedangkan pada Al Murni dengan variasi pengaruh kompaksi dan suhu terhadap nilai densitas, memiliki nilai densitas tertinggi yaitu 2,803 gr/cm³ pada kompaksi 7000 Psi dengan suhu 450°C, dan nilai terendah yaitu 2,644 gr/cm³ pada kompaksi 5500 Psi dengan suhu 450°C. Selisih densitas tertinggi antara Al-Ti dengan Al Murni yaitu 0,183 gr/cm³. Kompaksi dan suhu sinter sangat berpengaruh terhadap nilai densitas. Begitu juga dengan faktor ukuran butiran yang juga berpengaruh pada nilai densitas. Hal ini dapat dilihat pada gambar grafik 4.1.

Hasil Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan rockwell berfungsi untuk melihat hasil kekerasan spesimen terdapat

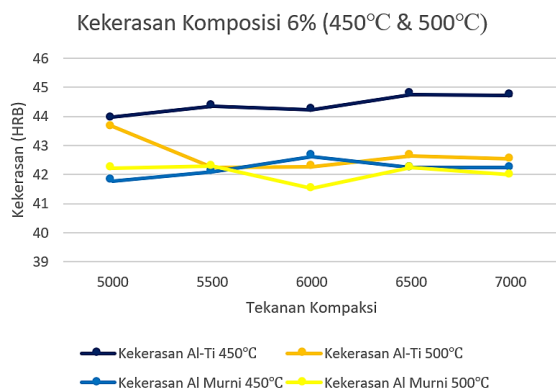
beberapa tempat. Hingga mendapatkan hasil data dari masing-masing benda uji. Pada pengujian nilai kekerasan ini dilakukan sebanyak 5 titik setiap sampel, P 100 Kgf indentasi 1/16 ball. Untuk hasil data uji kekerasan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel hasil pengujian kekerasan komposisi Ti 6% suhu 450°C

Kompaksi	Suhu (°C)	Kekerasan Al-Ti (HRB)	Kekerasan Al Murni (HRB)
5000	450°C	43,972	41,780
5500	450°C	44,348	42,090
6000	450°C	44,228	42,620
6500	450°C	44,760	42,240
7000	450°C	44,716	42,250

Tabel 4. Tabel hasil uji kekerasan komposisi Ti 6% suhu 500°C

Kompaksi	Suhu (°C)	Kekerasan Al-Ti (HRB)	Kekerasan Al Murni (HRB)
5000	500°C	41,780	42,230
5500	500°C	42,090	42,300
6000	500°C	42,620	41,530
6500	500°C	42,240	42,240
7000	500°C	42,250	41,990



Gambar 9. Grafik hasil uji kekerasan komposisi Ti 6%

Pengaruh kompaksi dan suhu sinter pada kekerasan spesimen campuran Al-Ti dan Aluminium Murni menghasilkan perbedaan. Hasil campuran Al-Ti dengan variasi pengaruh kompaksi serta suhu sinter terhadap kekerasan, pada kompaksi 6500 Psi dengan suhu 450°C mendapatkan nilai rata-rata

kekerasan tertinggi yaitu 44,760 HRB, dan nilai terendah terdapat pada kompaksi 5500 Psi dengan suhu 500°C yaitu 42,236 HRB. Sedangkan pada Al Murni dengan variasi pengaruh kompaksi dan suhu terhadap nilai kekerasan, memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu 42,620 HRB pada kompaksi 6000 Psi dengan suhu 450°C, dan nilai terendah yaitu 41,530 HRB pada kompaksi 6000 Psi dengan suhu 500°C. Selisih kekerasan tertinggi antara Al-Ti dengan Al Murni yaitu 2,14 HRB. Kompaksi dan suhu sinter sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Begitu juga dengan faktor ukuran butiran yang juga berpengaruh pada nilai kekerasan. Hal ini dapat dilihat pada gambar grafik 4.2.



Gambar 10. Hasil spesimen Al-Ti setelah uji keekrasan

Hasil Pengujian Mikro

Suhu (°C)	Kompaksi (Psi)	Spesimen				
		A	B	C	D	E
450°C	5000					
450°C	5500					
450°C	6000					
450°C	6500					
450°C	7000					

Gambar 11. Hasil uji struktur mikro Al-Ti komposisi 6% suhu 450°C

Suhu (°C)	Kompaksi (Psi)	Spesimen				
		A	B	C	D	E
500°C	5000					
500°C	5500					
500°C	6000					
500°C	6500					
500°C	7000					

Gambar 12. Hasil uji struktur mikro Al-Ti komposisi 6% suhu 500°C

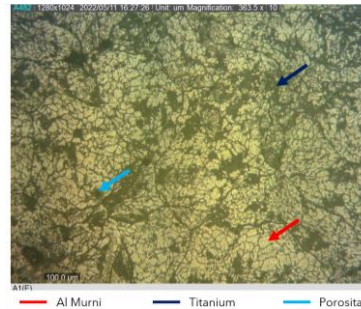
Suhu (°C)	Kompaksi (Psi)	Spesimen		Suhu (°C)	Kompaksi (Psi)	Spesimen	
		A	B			A	B
450°C	5000			500°C	5000		
450°C	5500			500°C	5500		
450°C	6000			500°C	6000		
450°C	6500			500°C	6500		
450°C	7000			500°C	7000		

Gambar 13. Hasil uji struktur mikro Al Murni suhu 450°C & 500°C

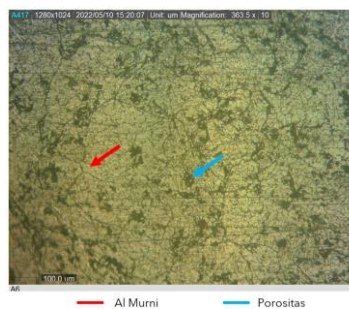
Memperlihatkan hasil pengamatan struktur mikro menggunakan pembesaran 300x. Dalam proses pembuatan paduan Al-Ti memakai metode metalurgi serbuk dengan variasi kompaksi serta suhu sinter. Dibutuhkan penambahan unsur titanium tercampur secara merata terhadap partikel Al serta tidak terjadi pengumpulan serbuk material. Sebab jika hal ini terjadi, dapat menurunkan sifat fisis dari material tersebut. Distribusi paduan Al-Ti akan berpengaruh pada sifat fisis serta mekanisnya. Dalam proses sintering, atom-atom akan bergerak untuk meningkatkan jumlah hubungan antar partikel.

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada tabel untuk masing-masing temperatur 450°C, dan 500°C memperlihatkan bahwa antara serbuk Al dan serbuk Ti belum tercampur secara merata, sehingga mengurangi sifat fisis dari spesimen komposit. Serbuk aluminium berwarna putih dan serbuk titanium yang berwarna gelap. Hal ini terlihat jelas adanya penggumpalan yang mengakibatkan serbuk aluminium serta serbuk titanium belum membentuk ikatan yang sempurna. Dalam Pengamatan struktur mikro ini, kompaksi dan suhu sinter berpengaruh terhadap sifat fisis spesimen dan juga berpengaruh terhadap nilai densitas serta nilai kekerasan. Semakin besar variabel kompaksi yang diberikan, tidak menentukan hasil yang sempurna terhadap nilai densitas dan nilai kekerasan. Dikarenakan suhu sinter juga mempengaruhi sifat fisis spesimen tersebut. Seperti yang terlihat pada tabel

semakin tinggi suhu sinter yang diberikan, maka sifat fisis mekanismenya juga berpengaruh.



Gambar 11. Contoh hasil struktur mikro Al-Ti 6% 5000 Psi Suhu Sinter 450°C



Gambar 12. Contoh hasil struktur mikro Al Murni 5000 Psi Suhu Sinter 450°C

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini yang berjudul “Kaji Eksperimen Pengaruh Campuran Ti 6% Dengan Variasi Kompaksi Dan Suhu Sinter Pada Paduan Al-Ti Terhadap Densitas Dan Kekerasan Dengan Metode Metalurgi Serbuk” maka bisa disimpulkan diantaranya:

1. Kompaksi dengan variabel 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi, 7000 Psi pada campuran Al-Ti memberikan pengaruh kepada nilai densitas serta nilai kekerasan. Bertambah besar kompaksi yang diberikan, makin rendah nilai densitasnya. Seperti terlihat di kompaksi 7000 Psi. Namun terhadap nilai kekerasan, makin bertambah kompaksi yang diberikan, makin besar pula nilai kekerasannya. Terlihat di kompaksi 7000 Psi memiliki nilai rata-rata kekerasan 44,716 HRB.

2. Suhu sinter dengan variabel 450°C dan 500°C pada campuran Al-Ti memberi pengaruh kepada nilai densitas serta nilai kekerasan. Bertambah tinggi suhu yang diberikan, makin tinggi nilai densitasnya. Seperti di kompaksi 7000 Psi dengan suhu 500°C. Begitu juga terhadap nilai kekerasan, semakin tinggi suhu yang diberikan semakin rendah pula nilai kekerasannya. Terlihat pada kompaksi 7000 Psi memiliki nilai rata-rata kekerasan 42,532 HRB.

Saran untuk penelitian setelahnya lebih sempurna lagi perihal pengaruh kompaksi dan suhu sinter pada campuran Al-Ti dengan metalurgi serbuk, maka penulis memberikan saran:

1. Ukuran butiran serbuk yang seimbang dan lebih halus, untuk memudahkan proses perekatan antara partikel
2. Proses pencampuran lebih diperhitungkan lagi dengan baik, guna mengurangi terjadinya pencampuran tidak merata.
3. Untuk penelitian selanjutnya menambahkan variasi waktu sinter, guna mengetahui hasil yang relevan.

PENGHARGAAN

Penghargaan setinggi-tingginya diberikan terhadap kedua orang tua, yang senantiasa mendukung, memeberi semangat, serta mendo'akan kami. Dan tidak lupa kami ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing kami, yang memberi dukungan serta membimbing penelitian ini.

REFERENSI

Nurwidyanto, M. I., Yustiana, M. & Widada, S., 2006. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batu Pasir. *Berkala Fisika*, 9(4), Pp. 191-195.

Suwanda, T., 2006. Optimalisasi Tekanan Kompaksi, Temperatur Dan Waktu Sintering Terhadap Kekerasan Dan Berat Jenis Aluminium Pada Proses Pencetakan Dengan Metalurgi Serbuk. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 9(2), Pp. 187-198.

Nst, F. A. K. & Isranuri, I., 2016. Penyelidikan Karakteristik Mekanik Tarik Paduan Aluminium Magnesium (Al-Mg) Dengan Metode Pengecoran Konvensional. *Jurnal Inotera*, 1(1), Pp. 1-4.

Aisyah, I. S., Rif'at, M. & Saifullah, A., 2019. Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Karakter Intermetallic Bonding Al-Ti Hasil Metallurgi Serbuk. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (Sentra)*, Pp. 76-81.

Shomad, M. A. & Jordianshah, A. A., 2020. Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium Pada Paduan Aluminium Dari Bahan Piston Bekas. *Teknoin*, 26(1), Pp. 75-82.

Setiadi, I., Hamzah, M. S. & B., 2018. Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Aluminium/Alumina Dengan Metode Metalurgi Serbuk. *Jurnal Mekanikal*, 9(2), Pp. 865-871.

Majanasastra, R. B. S., 2016. Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 4(2), Pp. 15-30.

Widyarto, D. D., 2019. Pengaruh Penguat Serbuk Ti-Al Dengan Matriks Ai-Si Terhadap Kekerasan Dan Porositas P Ada Piston Kendaraan. In: *Pengaruh Penguat Serbuk Ti-Al Dengan Matriks Ai-Si Terhadap Kekerasan Dan Porositas P Ada Piston Kendaraan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, Pp. 1-32.

Wildanarta, H., Pratama, G. Y. & M., 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(2), Pp.
1-10.

Zawawi, M. A. & Febrianto, T., 2021. Studi
Eksperimen Pengaruh Tekanan Dan
Suhu Sintering Terhadap Densitas
Paduan Al-Mg Dengan Metode
Metalurgi Serbuk. *Publikasi Online*
Mahasiswa Teknik Mesin, 4(2), Pp.
1-10.