

Analisa Pengaruh Komposisi %Ti dan Besar Kompaksi pada Paduan Al-Ti Terhadap Nilai Kekerasan dan Densitas dengan Metode Metalurgi Serbuk

Mastuki^{1*}, Gatut Prijo Utomo¹, M. Rifan Taufiqis S¹, dan Raziv Achmad¹

¹ Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya 60118, Indonesia

* email mastuki@untag-sby.ac.id

Abstract: *The development of technology in the industry is currently increasing. Many of these companies are competing to improve the quality of their products by trying various methods, ranging from middle to upper and lower middle companies. This research applies powder metallurgy method with the aim of analyzing the effect of %Ti and compaction pressure of Al-Ti alloy on its hardness and density. The variation of compaction pressure given is 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi, and 7000 Psi with a press holding time of 10 minutes. The variation of %Ti given is 6%, 8%, and 10%. The specimens were sintered at 500°C for 90 minutes. Based on the analysis of the resulting data, in the variation of %Ti, the density and hardness values increased to 5500 Psi compaction and then decreased continuously at a compaction above 5500 Psi. In the compaction variation, the value of density and hardness increased to 6000 Psi compaction and then decreased continuously at a compaction above 6000 Psi. The maximum hardness peak value was obtained at a compaction of 6000 Psi. And while in the variation of the composition of %Ti, the hardness value at the composition of 10% is still increasing.*

Keywords: *powder metallurgy method, Al-Ti alloy, hardness, density*

Abstrak: Perkembangan teknologi di perindustrian saat ini kian meningkat. Banyak dari perusahaan-perusahaan berlomba-lomba meningkatkan kualitas produknya dengan mencoba berbagai macam metode, dari mulai perusahaan menengah ke atas dan menengah ke bawah. Penelitian ini mengaplikasikan metode metalurgi serbuk dengan bertujuan untuk menganalisa pengaruh %Ti dan tekanan kompaksi dari paduan Al-Ti terhadap kekerasan dan densitasnya. Variasi tekanan kompaksi yang diberikan sebesar 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi, dan 7000 Psi dengan waktu tahan tekan selama 10 menit. Variasi %Ti yang diberikan sebesar 6%, 8%, dan 10%. Spesimen disintering sebesar 500°C selama 90 menit. Berdasarkan analisa data yang dihasilkan, pada variasi %Ti, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 5500 Psi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 5500 Psi. Pada variasi kompaksi, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 6000 Psi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 6000 Psi. Nilai puncak kekerasan maksimal didapatkan pada kompaksi 6000 Psi. Dan sedangkan pada variasi komposisi %Ti, nilai kekerasan pada komposisi 10% masih terus meningkat.

Kata kunci : metode metalurgi serbuk, paduan Al-Ti, kekerasan, densitas

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di perindustrian saat ini kian meningkat. Banyak dari perusahaan-perusahaan berlomba-lomba meningkatkan kualitas produknya dengan mencoba berbagai macam metode, dari mulai perusahaan menengah ke atas dan menengah ke bawah. Dengan majunya perkembangan dunia industri dewasa ini khususnya manufaktur, sebagai seorang *engineer* dituntut untuk dapat mengikuti dan mampu memberikan keilmuannya untuk menunjang perkembangan teknologi tersebut[1]. Produksi logam dengan *sand casting* dan metode metalurgi serbuk merupakan contoh dari kemajuan teknologi pengolahan logam[1,2].

Metalurgi serbuk adalah bagian dari ilmu metalurgi yang menggunakan serbuk logam sebagai bahan dasar atau bahan utama tanpa melalui proses peleburan. Pada proses ini serbuk logam terlebih dahulu dipadatkan atau dikompaksi (*compacting*) sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Kemudian dipanaskan (*sintering*) yang bertujuan untuk memperoleh ikatan padat dan kuat antar partikel. Pemanasan dilakukan di bawah titik lebur dari serbuk logam yang diproses tersebut. Energi yang

digunakan dalam proses ini relatif rendah dan hasil akhirnya dapat langsung disesuaikan dengan dimensi yang diinginkan, sehingga mengurangi biaya permesinan dan bahan baku[3]. Produksi metalurgi serbuk banyak digunakan di industri terutama untuk komponen mesin seperti bantalan dan roda gigi. Sifat fisik dari produk yang dibuat dengan metode metalurgi serbuk banyak tergantung dari proses pengerjaan dan karakteristik serbuknya. Oleh karena itu, kualitas produk akhir ditentukan oleh berbagai parameter proses seperti material awal yang digunakan, ukuran partikel serbuk, komposisi prosentase serbuk, tekanan kompaksi, temperatur *sintering* dan lama waktu *sintering*[4].

Logam yang biasa dijadikan serbuk dalam proses metalurgi serbuk antara lain baja, aluminium dan tembaga. Bahan serbuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran antara serbuk aluminium (Al) dan titanium (Ti). Kedua logam tersebut memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat dilakukan penggabungan dan pengamatan struktur makro, struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian tekan pada setiap spesimen hasil dari proses metalurgi serbuk[5].

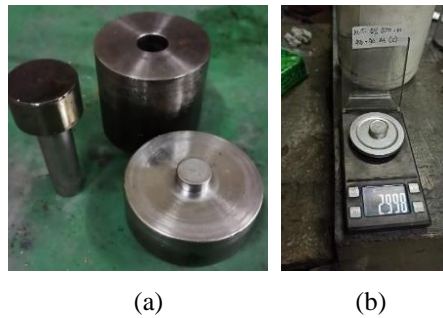
Aluminium merupakan logam ringan dan unsur kedua paling melimpah di permukaan bumi setelah silikon. Konsumsi terbanyak aluminium adalah pada bidang transportasi, sistem kelistrikan, dan konstruksi bangunan. Konsumsi aluminium global pada 2025 diproyeksikan sebesar 120 Megaton, yang memerlukan bahan baku sebanyak 570 Megaton bauksit atau 230 Megaton alumina untuk produksi, sehingga memunculkan kekhawatiran terhadap ketersediaan cadangan tambang dan pencemaran lingkungan dari proses produksi aluminium [6,7]. Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium segera setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium [8].

Titanium adalah logam yang mempunyai sifat kekuatan tinggi, kepadatan rendah dan ketahanan korosi yang sangat baik, ini adalah sifat utama yang membuat titanium menarik untuk berbagai aplikasi. Salah contoh adalah konstruksi pesawat (kombinasi antara kekuatan dan kepadatan rendah), mesin pesawat (kekuatan tinggi, kepadatan rendah, dan ketahanan mulur yang baik hingga sekitar 550°C), peralatan biomedis (ketahanan korosi dan kekuatan yang tinggi)[9].

Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen produksi dengan metode metalurgi serbuk yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh %Ti dan tekanan kompaksi dari paduan Al-Ti terhadap kekerasan dan densitasnya. Variasi tekanan kompaksi yang diberikan sebesar 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi, dan 7000 Psi dengan waktu tahan tekan selama 10 menit. Variasi %Ti yang diberikan sebesar 6%, 8%, dan 10%. Spesimen disintering sebesar 500°C selama 90 menit.

II. METODE PENELITIAN (Font 11, capslock)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran serbuk Al dan Ti dengan variasi %Ti sebesar 6%, 8%, dan 10% (d disesuaikan sehingga 100% = 3 gram). Serbuk Al dan Ti yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk Al dan Si dengan ukuran 230 mikron yang bisa didapatkan di berbagai penyedia serbuk logam. Ukuran dari serbuk Al dan Ti direduksi ulang hingga berukuran 100 Mesh. Dalam proses ini, serbuk Al dan Ti ditimbang dan dicampur menurut rasio komposisi yang telah ditentukan menggunakan alat magnetic stirrer selama 20 menit dengan teknik *wet mixing*. Setelah selesai pencampuran lalu dimasukkan ke dalam cetakan (die). Kemudian cetakan tersebut diletakkan di hidrolis press dimana akan diberikan tekanan (kompaksi) dengan variasi tekanan yang berbeda pada setiap sampelnya. Variasi tekanan pada sampel tersebut adalah 5000 Psi, 5500 Psi, 6000 Psi, 6500 Psi, and 7000 Psi, dengan waktu tahan kompaksi yang sama pada semua spesimen yaitu selama 10 menit. Selanjutnya, spesimen uji dipanaskan (*sintering*) di dalam oven dengan temperatur 500°C selama 90 menit, kemudian diikuti dengan pendinginan udara.



Gambar 1. (a) Cetakan/die spesimen, (b) Hasil spesimen uji

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji. Pengujian laboratorium ini meliputi pengujian densitas dan pengujian kekerasan.

Pengujian densitas adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai rapatan suatu material. Densitas merupakan besaran fisis yakni perbandingan massa (m) dengan volume benda (V). Pengukuran densitas menggunakan metode Archimedes karena spesimen berbentuk padatan atau bulk. Penentuan nilai densitas dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \rho_{H_2O} \dots\dots\dots(1)$$

yang mana:

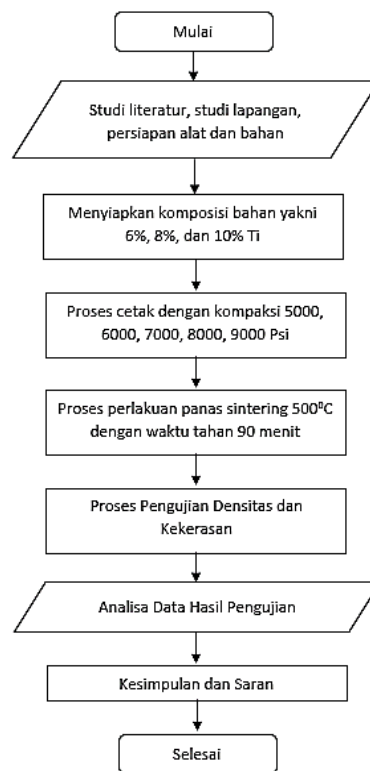
ρ_m : densitas aktual (gram/cm³)

m_s : massa sampel kering (gram)

m_g : massa sampel yang digantung di dalam air (gram)

ρ_{H_2O} : massa jenis air = 1 gram/cm³

Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan dari setiap variasi yang diberlakukan. Uji kekerasan ini dilakukan setelah melewati uji densitas. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Pelapisan Logam, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan spesiikasi yakni kekerasan Rockwell B digital dengan beban uji 100 kg.f, menggunakan standart pengujian ASTM E18-15 HRB dengan indentor bola baja diameter 1/16 inchi. Untuk lebih jelasnya dari segi alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil data pengujian, data hasil pengujian densitas mendapatkan hasil yang lebih tinggi dari pada data dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Sujianto dan M. Nasrun, 2020 yang data hasil densitasnya berada pada nilai rata-rata 2,1 hingga 2,6 gr/cm³ pada perlakuan panas 500°C hingga 650°C.[7] Hal tersebut bisa terjadi karena pengaruh ukuran serbuk Al dan Si. Luas permukaan serbuk yang besar akan memberikan ikatan antar permukaan menjadi meningkat sehingga densitas yang dihasilkan juga akan meningkat pula. Data hasil pengujian densitas dan sifat mekanik pengujian kekerasan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2 berikut.

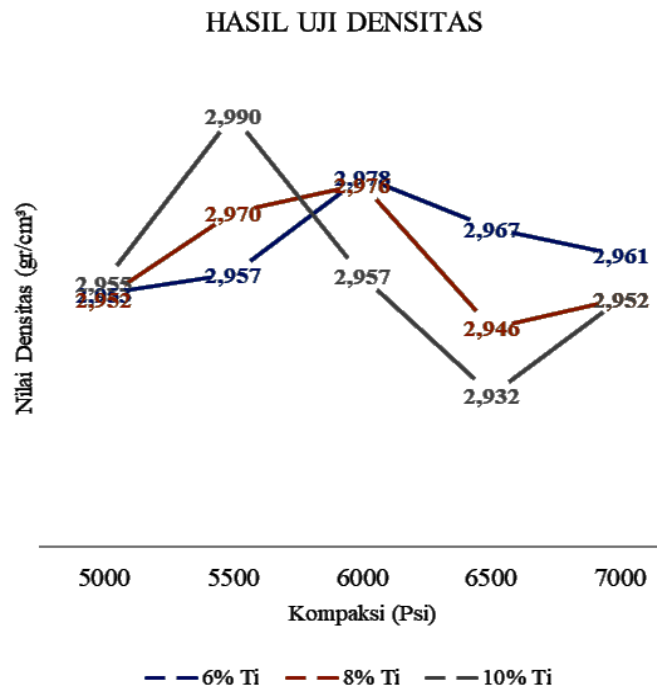
Tabel 1. Data hasil pengujian Densitas

Kompaksi (Psi)	Nilai Densitas (gr/cm ³)		
	6% Ti	8% Ti	10% Ti
5000	2,953	2,952	2,955
5500	2,957	2,970	2,990
6000	2,978	2,976	2,957
6500	2,967	2,946	2,932
7000	2,961	2,952	2,952

Tabel 2. Data hasil pengujian Sifat Mekanik Kekerasan

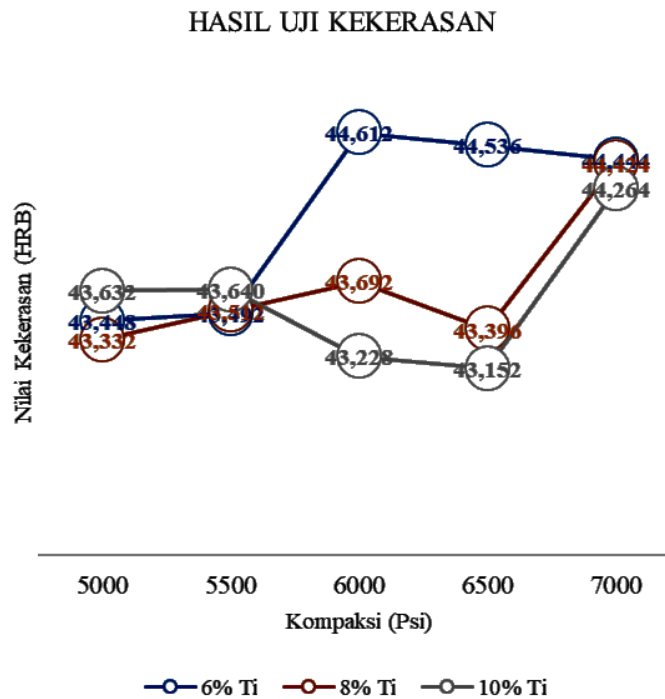
Kompaksi (Psi)	Nilai Kekerasan (HRB)		
	6% Ti	8% Ti	10% Ti
5000	43,448	43,332	43,632
5500	43,492	43,512	43,640
6000	44,612	43,692	43,228
6500	44,536	43,396	43,152
7000	44,444	44,424	44,264

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada tekanan 5500 Psi di temperatur sinter 500°C paduan Al-Ti, didapatkan nilai densitas terbesar yakni sebesar 2,990 g/cm³ pada campuran komposisi Ti sebanyak 10%. Seiring bertambahnya tekanan yang diberikan, nilai densitas mengalami peningkatan, namun nilai densitas mengalami penurunan mulai pada tekanan 6000 Psi. Penurunan ini terjadi diakibatkan karena pada saat proses sinter serbuk aluminium yang tidak dapat menyatu secara merata dengan titanium. Seiring bertambahnya tekanan nilai densitas semakin meningkat, namun pada tekanan 6000 Psi mengalami penurunan nilai densitas. Hal ini juga disebabkan karena difusi yang sangat cepat sehingga meninggalkan pori-pori yang sangat besar yang mengakibatkan menurunnya nilai densitas. Pada titik ini, juga terjadi penurunan secara kontinu hingga pada variabel paling tinggi yang diberikan. Laju naik turunnya data tabel 1 bisa dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Data Hasil Pengujian Densitas

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada tekanan 6000 Psi di temperatur sinter 500°C paduan Al-Ti, didapatkan nilai kekerasan terbesar yakni sebesar 44,612 HRB pada campuran komposisi Ti sebanyak 6%. Seiring bertambahnya tekanan yang diberikan, nilai kekerasan mengalami peningkatan, namun nilai kekerasan mengalami penurunan mulai pada tekanan 6000 Psi. Penurunan ini terjadi diakibatkan adanya udara yang terjebak karena pada saat proses sinter serbuk aluminium yang tidak dapat menyatu secara merata dengan titanium. Seiring bertambahnya tekanan nilai densitas semakin meningkat, namun pada tekanan 6000 Psi mengalami penurunan nilai densitas. Hal ini juga disebabkan karena difusi yang sangat cepat sehingga meninggalkan pori-pori yang sangat besar yang mengakibatkan terjadinya proses distribusi beban yang acak sehingga nilai kekerasannya menurun. Pada titik ini, juga terjadi penurunan secara kontinu hingga pada variabel paling tinggi yang diberikan. Laju naik turunnya data tabel 1 bisa dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Data Hasil Pengujian Kekerasan

Secara umum, dari data hasil pengujian densitas dan kekerasan, didapatkan hasil pada variasi %Ti, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 5500 PSi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 5500 Psi. Pada variasi kompaksi, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 6000 Psi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 6000 Psi. Nilai puncak kekerasan maksimal didapatkan pada pemberian kompaksi sebesar 6000 Psi, sedangkan pada variasi komposisi %Ti, nilai kekerasan masih terus meningkat pada komposisi 10%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa, dapat disimpulkan bahwa

1. Untuk variasi %Ti, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 5500 Psi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 5500 Psi,
2. Untuk variasi kompaksi, nilai densitas dan kekerasan mengalami kenaikan hingga kompaksi 6000 Psi lalu menurun secara kontinu pada kompaksi di atas 6000 Psi,
3. Nilai puncak kekerasan maksimal didapatkan pada pemberian kompaksi sebesar 6000 Psi, sedangkan pada variasi komposisi %Ti, nilai kekerasan masih terus meningkat pada komposisi 10%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didukung oleh hibah penelitian "Hibah Internal PT 2022" yang diberikan oleh Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.A. Triadi, I.G.N.K. Yudhyadi, I.M. Suartika, N.H. Sari. *Effect of sintering temperature on the hardness and compression strength properties of AL/Cu/SiC mixture material through powder metallurgy*. Dinamika Teknik Mesin .2019; Vol 9(2): 80-85.

- [2] Hizkia Alpha Dewanto, dkk. Sifat Mekanik Produk Metalurgi Serbuk dari Proses *Ball Milling* dengan Bahan Baku Al7075 Terhadap Variasi Temperatur *Sinter* dan Tekanan Kompaksi. *SPECTA Journal of Technology* 2021; Vol 5 No 2: 160-167.
- [3] Totok Suwanda, dkk. Perbandingan Kekerasan dan Kekuatan Tekan Paduan Cu – Sn 6% Hasil Proses Metalurgi Serbuk dan Sand Casting. 2008; Vol. 11 No. 2: 191-198.
- [4] Setiadi, I., Hamzah, M. S. & B.,. Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Komposit Aluminium/Alumina dengan Metode Metalurgi Serbuk. *Jurnal Mekanikal*, 2018; Vol. 9(2), pp. 865-871.
- [5] Awaluddin, A. 2019. Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Sintering Terhadap Porositas, Densitas Dan Mikrostruktur Metalurgi Serbuk Aluminium Diperkuat Titanium (Doctoral Dissertation, University Of Muhammadiyah Malang).
- [6] Dodo, S. A. & Mahadi, S.,. Pengaruh Variasi Tekanan Dan Suhu Pada Pengadukan Serbuk Aluminium (Al), Magnesium (Mg), Dan Seng (Zn) Terhadap Sifat Mekanik Logam Dengan Metode Metalurgi Serbuk. 2020; Vol. 8 No. 2: Pp. 45-48.
- [7] S. & Nasrun A, M.,. Analisis Densitas, Kekerasan Dan Struktur Kristal Paduan Al-Ti Yang Dibuat Menggunakan Teknik Pemasukan Mekanik. 2020; *Jurnal Sains Dan Teknologi*, Vol. 16(02): P. 244–248.
- [8] Aisyah, I. S., Rif'at, M. & Saifullah, A.,. Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Karakter Intermetallic Bonding Al-Ti Hasil Metallurgi Serbuk. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (Sentra)*, 2019; Volume 1: Pp. 76-81.
- [9] Aminur, A., Kadir, K., & Samhuddin, S.. Komposit Matriks Aluminium Silikon Berpeguat Alumina Dengan Proses Metalurgi Serbuk. 2018; *Seminar Nasional Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal (SNT2BKL)* ISSN : 978-602-71928-1-2 ; Vol. 1, No. 1.: 237-243.