



Research Articles

Karakterisasi Produk Metalurgi Serbuk Berbahan Limbah Aluminium Paduan dan Kaca

Characterization of Powder Metallurgy Products made from Aluminum Alloy and Glass Waste

A A A Triadi*, IDK Okariawan, Nursaid

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram
Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia

*corresponding author email: alittriadi68@unram.ac.id

Manuscript received: 30-07-2024. Accepted: 20-09-2024

ABSTRAK

Limbah aluminium paduan dan kaca banyak dijumpai pada usaha pembuatan rak etalase. Perlu dilakukan penelitian pemanfaatan limbah menjadi produk yang bermanfaat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan kuat tekan benda yang terbuat dari campuran aluminium paduan dan kaca dengan metode metalurgi serbuk. Tahap pertama membuat serbuk aluminium dan kaca hingga ukuran 100 mesh, tahap selanjutnya adalah pencampuran serbuk (mixing) dengan variasi waktu 70 menit, 80 menit dan 90 menit dengan komposisi 80% aluminium dan 20% kaca. Kemudian pembuatan spesimen benda uji dengan beban kompaksi 8 ton. Selanjutnya proses sintering pada temperatur 500 oC dengan variasi waktu 70 menit, 80 menit dan 90 menit, selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan kuat tekan. Hasil yang diperoleh dari uji kekerasan dan uji kuat tekan menunjukkan nilai tertinggi untuk benda uji dengan variasi waktu pengadukan dan waktu sintering 90 menit. Berdasarkan analisis ANOVA dua arah, waktu pencampuran dan waktu sintering diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga waktu pencampuran dan waktu sintering berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan kuat tekan material.

Kata kunci : limbah aluminium paduan; kaca; metalurgi serbuk; sintering

ABSTRACT

Aluminum alloy and glass waste is often found in the business of making display racks. It is necessary to do research on the utilization of waste into useful products. This study aims to determine the hardness and compressive strength of objects made of a mixture of aluminum alloy and glass using the powder metallurgy method. The first stage was making aluminum and glass powders up to 100 mesh in size, the next stage was mixing the powders (mixing) with time variations of 70 minutes, 80 minutes and 90 minutes with a composition of 80% aluminum and 20% glass. Then manufacture of specimens with a compaction load of 8 tons. Furthermore, the sintering process at a temperature of 500 oC with time variations of 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes, then tested hardness and compressive strength. The results obtained from the hardness test and compressive strength test showed the highest value for

the test object with variations in the stirring time and sintering time of 90 minutes. Based on the two-way ANOVA analysis, the mixing time and sintering time obtained the values of $F_{count} > F_{table}$, so that the mixing time and sintering time have a significant effect on hardness and compressive strength.

Keywords: aluminum alloy; glass; powder metallurgy; sintering

PENDAHULUAN

Produk-produk yang digunakan oleh manusia banyak terbuat dari bahan dasar aluminium dan kaca. Salah satu produk berbahan dasar aluminium dan kaca adalah etalase (tempat memajang produk di toko). Pembuatan produk etalase tersebut menyisakan limbah (potongan-potongan batang aluminium dan potongan/pecahan kaca). Limbah-limbah tersebut sebaiknya dimanfaatkan kembali untuk bisa menjadi produk yang bermanfaat. Penelitian-penelitian yang terkait dengan pemanfaatan limbah tersebut perlu ditelusuri dengan baik.

Setyaji *et al* (2018), mengatakan bahwa kurang lebih dari 20% dari logam yang diolah menjadi produk industri merupakan logam bukan besi (nonferrous), seperti aluminium silicon (Al-Si). Aluminium terindikasi sebagai logam putih, dapat ditempa namun liat, serbuk yang dihasilkan warna abu-abu dan akan melebur pada suhu 6950C. apabila terkena udara maka aluminium akan ter oksidasi pada permukaannya, namun demikian lapisan oksidasi ini melindungi bahan dari oksida lebih lanjut. Aluminium termasuk golongan tervalen dalam senyawa-senyawanya. Ion aluminium (Al^{3+}) dapat membentuk garam dengan anion. Limbah kaca memakan waktu yang sangat lama agar dapat terurai, dibutuhkan waktu hingga 1 juta tahun agar dapat terurai sepenuhnya (Sylvia dank mahmudah, 2018). Tentu saja apabila limbah tersebut tidak dimanfaatkan lagi akan mengakibatkan pencemaran pada lingkungan.

Prasetyo (2004), melakukan penelitian karakteristik aluminium hasil proses metalurgi serbuk. Bahan dasar serbuk yang digunakan dihasilkan dengan mengikir batang aluminium. Butiran hasil pengikiran berbentuk irregular. Pematatan butiran dilakukan dengan tekanan 0,17 kN/mm². Sintering dilakukan pada temperatur 3000C, 4000C, dan 5000C. waktu sinter 60 menit, dihasilkan kekerasan Vickers benda pada 10,5 (VHN) sedangkan sinter dengan waktu 80 menit pada temperatur yang sama dihasilkan kekerasan benda adalah 12,3 (VHN). Pada penelitian tersebut benda uji yang berhasil dibuat hanya dua, sehingga kurang mencukupi untuk dapat menarik kesimpulan yang cukup valid.

Aluminium memiliki potensi yang sangat besar untuk diolah menjadi komposit. Disamping memiliki beberapa kelebihan seperti sifat mekanik dan ketahanan korosi serta hantaran listrik yang baik. Aluminium juga dapat digunakan di berbagai bidang kehidupan seperti peralatan rumah tangga, keperluan material aircraft, perkapalan, otomotif dan lainnya (Tawan *et al.*, 2019). Selain aluminium, kaca juga merupakan salah satu bahan penguat yang baik karena bahan penyusun didominasi oleh silika (SiO_2) dan memiliki titik lebur yang tinggi serta sifat mekanik yang sangat kuat (Anggria *et al.*, 2016)

Melihat permasalahan yang terjadi pada limbah aluminium dan kaca tersebut serta potensi yang besar pada dunia metalurgi serbuk atau komposit, maka penelitian-penelitian yang terkait sangat dibutuhkan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan guna mengetahui pengaruh variasi waktu mixing dan sintering limbah aluminium dan kaca terhadap sifat mekanis pada metalurgi serbuk terhadap kekerasan dan kekuatan tekan produk metalurgi serbuk.

Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi gerinda duduk, gerinda potong, blender, ayakan mesh 100-120, kaleng, neraca digital, alat pencampur, alat kompaksi 1 arah, cetakan spesimen, jangka sorong, sendok, high temperature furnace, universal hardness tester dan alat uji kekuatan tekan. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi limbah paduan aluminium dan kaca. Limbah paduan aluminium terlebih dahulu dijadikan serbuk menggunakan gerinda duduk dan gerinda potong untuk serbuk kasarnya kemudian serbuk kasar tersebut diblender untuk menghasilkan serbuk yang lebih halus kemudian di ayak menggunakan ayakan 100 mesh dan ayakan 120 mesh sehingga menghasilkan serbuk dengan ukuran 100 mesh. Pembuatan serbuk kaca dilakukan dengan proses penumbukan, selanjutnya di ayak dengan ayakan 100 mesh dan ayakan 120 mesh sehingga menghasilkan serbuk dengan ukuran 100 mesh.

Pecampuran (*mixing*)

Proses pembuatan komposit diawal dengan mencampur serbuk aluminium dan serbuk kaca melalui proses *mixing*. Proses mixing dilakukan dengan alat pemutar tipe drum serta waktu pengadukan divariasikan yaitu 70 menit, 80 menit, dan 90 menit dengan putaran 72 rpm. Digunakan persentase massa antara serbuk aluminium 80 % dan serbuk kaca 20 %.

Kompaksi

Untuk pengujian kekerasan dan kuat tekan digunakan serbuk campuran seberat 10 g. serbuk kemudian dimasukkan ke dalam mesin kompaksi dan diberi tekanan sekitar 8 ton untuk setiap proses pencetakan. Untuk uji kekerasan dan kuat tekan, bentuk spesimen adalah silinder. Spesimen uji kekerasan memiliki ukuran yang sama dengan spesimen uji kuat tekan dengan diameter 13 mm dan panjang 25 mm (ASTM E9-89A, 2006).



Gambar 1. Alat kompaksi satu arah

Sintering

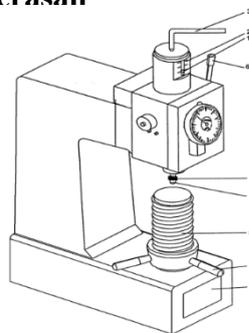
Setelah melalui proses kompaksi kemudian spesimen dipanaskan (disinter) dalam *furnace* dengan suhu 500 °Celsius selama 70 menit, 80 menit, dan 90 menit. Spesimen yang

telah disinter kemudian dikeluarkan dari tungku dan didinginkan di udara terbuka hingga mencapai suhu ruangan sampai spesimen siap untuk diuji.



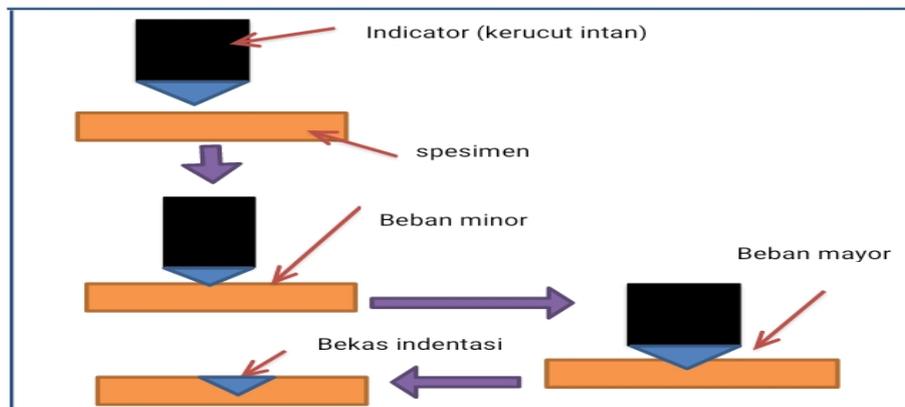
Gambar 2. Furnance

Pengujian Kekerasan



- Keterangan Gambar :
1. Test loads mobile selector
 2. Avalable loads scale
 3. wrench to select tested loads
 4. Ring nut to fix the penetrator
 5. Penetrator
 6. Test lever
 7. Instrument identification plate

Gambar 3. Alat uji kekerasan



Gambar 4. Skema uji kekerasan.

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *rockwell A* di mana spesimen akan diberi beban minor sebesar 10 Kg. Lalu dilanjutkan pemberian beban mayor sebesar 60 Kg. Satu spesimen akan dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil yang lebih valid dengan mengambil nilai rata-rata. Adapun desain pengambilan uji kekerasan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Skala kekerasan Rockwell

Simbol	Indentor	Beban mayor (kg)
A	Intan	60
B	Bola 1/16 inci	100
C	Intan	150
D	Intan	100
E	Bola 1/8 inci	100
F	Bola 1/16 inci	60
G	Bola 1/16 inci	150
H	Bola 1/8 inci	60
K	Bola 1/8 inci	150

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian selanjutnya adalah pengujian kuat tekan dilakukan dengan memberikan pembebanan menggunakan alat uji kuat tekan. Alat akan terus menekan ketika telah dinyalakan dan akan memberikan nilai kuat tekan pada panel analog yang tersedia. Ketika spesimen yang diberi pembebanan telah mengalami keretakan dan mulai hancur, selanjutnya dilihat nilai yang ditunjukkan oleh panel analog untuk mengetahui berapa nilai kuat tekan dari spesimen yang diuji.



Gambar 5. Alat uji kekuatan tekan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung luas penampang dan kekuatan tekan dapat dilihat pada persamaan berikut.

Rumus luas permukaan spesimen

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

A merupakan luas permukaan (cm²) dan d merupakan diameter lingkaran pada permukaan spesimen (cm).

Rumus kekuatan tekan

$$P = \frac{F}{A}$$

P merupakan nilai kuat tekan dalam kg/cm², F adalah beban tekan (kg), dan A adalah luas penampang spesimen yang ditekan (cm²).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya pengujian yaitu uji kekerasan dan uji kekuatan tekan maka hasil dari pengujian yang dilakukan akan dibahas pada tahap ini. Dilakukan proses pengujian kekerasan di Lab Material Teknik Mesin Universitas Mataram dan pengujian kekuatan tekan di Lab Bahan dan Struktur Teknik Sipil Universitas Mataram.

Spesimen pengujian kekerasan digunakan serbuk campuran seberat 5 g. serbuk kemudian dimasukkan ke dalam mesin kompaksi dan diberi tekanan sekitar 8 ton untuk setiap proses pencetakan. Untuk uji kekerasan, bentuk spesimen adalah silinder pipih sementara uji kuat tekan menggunakan spesimen dengan bentuk silinder panjang. Spesimen uji kekerasan memiliki diameter 16 mm dengan panjang 10 mm. spesimen lebih jelasnya dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spesimen uji kekerasan setelah di sintering

Sedangkan spesimen uji kekuatan digunakan serbuk campuran seberat 10 g, serbuk kemudian dimasukkan ke dalam mesin kompaksi dan diberi tekanan sekitar 8 ton untuk setiap proses pencetakan dan memiliki diameter 13 mm dengan panjang 25 mm. spesimen lebih jelasnya lihat pada Gambar 7.



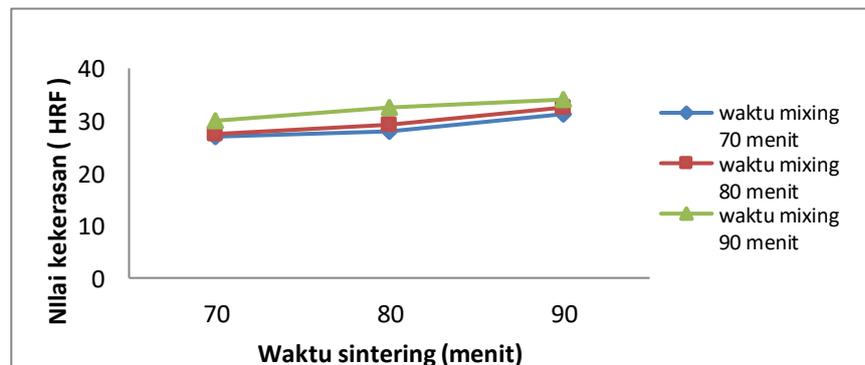
Gambar 7. Spesimen uji kekuatan tekan setelah di sintering

Analisis kekerasan

Tabel 2. Nilai kekerasan

Waktu mixing (menit)	Waktu sintering (menit)		
	70	80	90
70	27	27.6	30
80	28	29.3	32.6
90	31.3	32.6	34

Nilai kekerasan keseluruhan dengan beban kompaksi 8000 Kg, temperatur 500°C, waktu mixing 70 menit, 80 menit, 90 menit, dan waktu sintering 70 menit, 80 menit, 90 menit ditampilkan secara grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara waktu mixing dan waktu sintering dan nilai kekerasan.

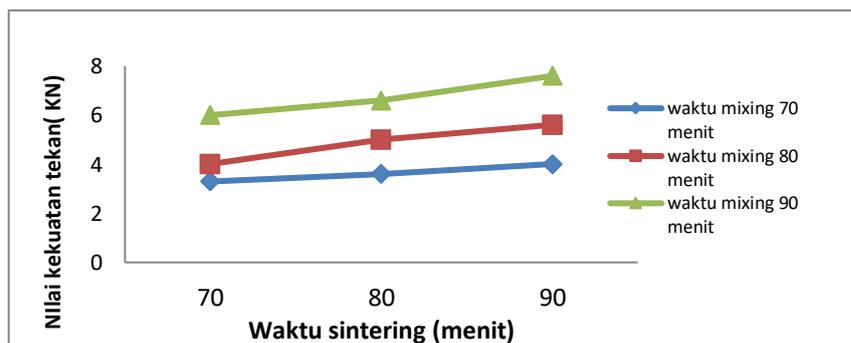
Gambar 8 menunjukkan bahwa variasi waktu mixing 70 menit, 80 menit, 90 menit dan sintering 70 menit, 80 menit, 90 menit dengan beban kompaksi 8000 Kg dan ditahan kompaksi selama 8 menit. Dapat dilihat semakin lama waktu mixing dan sintering maka nilai kekerasan semakin tinggi. Nilai tertinggi terdapat pada spesimen waktu mixing dan sintering 90 menit. Semakin lama waktu mixing, akan memberikan kesempatan pada campuran bahan untuk bercampur lebih homogen (bercampur dengan baik). Waktu sintering lebih lama mengakibatkan luas permukaan kontak antar partikel yang melebur dan menyatu membentuk ikatan antar partikel yang kuat makin luas, sehingga jajaran antar partikel seruk tidak mudah terpisah oleh beban ketika dilakukan pengujian kekerasan (Rizal *et al.*, 2010). Peningkatan kekerasan dapat juga dipengaruhi oleh adanya strain hardening (pengerasan regangan) dari partikel aluminium akibat takanan kompaksi. Kalau bahan dideformasi pada temperatur rendah (relatif terhadap titik cairnya), maka pengerasan terjadi mengikuti deformasinya (Surdia, 1991). Gejala ini dinamakan pengerasan regangan atau pengerasan kerja. Hubungan antara tegangan sebenarnya dan regangan sebenarnya didekati oleh persamaan $\sigma = F\varepsilon^n$ dimana n adalah koefisien eksponen pengerasan, ε adalah regangan sebenarnya. Pengaruh tekanan kompaksi akan mempengaruhi besarnya deformasi (regangan / ε), semakin besar tekanan kompaksi maka akan semakin besar pula deformasinya (Rusianto, 2005).

Analisis kekuatan tekan

Tabel 3 Nilai kuat tekan

Waktu mixing (menit)	Waktu sintering (menit)		
	70	80	90
70	3.3 kN	4 kN	6 kN
80	3.6 kN	5 kN	6.6 kN
90	4kN	5.6 kN	7.6 kN

Pada tabel 3 mencantumkan nila kuat tekan keseluruhan dengan beban kompaksi 8000 Kg, temperatur 500°C, waktu mixing 70 menit, 80 menit, 90 menit, dan waktu sintering 70 menit, 80 menit, 90 menit yang dimana dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 9. Grafik hubungan antara waktu mixing dan sintering dan kuat tekan

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa variasi waktu mixing 70 menit, 80 menit, 90 menit, dan waktu sintering 70 menit, 80 menit, 90 menit dengan beban kompaksi 8000 Kg dan ditahan kompaksi selama 8 menit. Dapat dilihat semakin lama waktu mixing dan sintering maka semakin tinggi nilai kuat tekannya. Nilai tertinggi terdapat pada spesimen dengan waktu mixing dan sintering 90 menit.

Anova dua arah (Analisis of variance)

ANOVA merupakan salah satu uji hipotesis pada statistika parametrik, untuk melakukan pengujian terhadap pengaruh suatu faktor dalam suatu percobaan dengan membandingkan rata-rata dari dua sampel atau lebih (Kesumawati *et al.*, 2018). Analisis of varian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis dengan model ANOVA dua arah (*two way ANOVA with replication*). Daftar *anova* dua arah dapat dilihat pada Tabel 4 dengan $F\alpha = 5 \%$.

Tabel 4. Anova dua arah pada uji kekerasan

Sumber varian	JK	Db	RJK	FHitung	F Tabel
Sintering	90.07407	2	45.03704	8.328767	3.554557
mixing	55.62963	2	27.81481	5.143836	3.554557
Interaksi dalam	4.592593	4	1.148148	0.212329	2.927744
Total	97.33333	18	5.407407		
Total	247.6296	26			

Dari hasil analisa pengujian kekerasan dengan anova dua arah yang telah dilakukan dengan *Microsoft excel* dapat dilihat bahwa nilai F_{hitung} , $8,328 > F_{tabel}$, $3,554$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi waktu mixing dan sintering $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dari nilai tersebut H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan, dan bisa dilihat dari interaksi antara dua variasi dilihat bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dapat disimpulkan H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara dua variasi tersebut.

Tabel 5. Anova dua arah pada uji kuat tekan

<i>sumber varian</i>	<i>JK</i>	<i>db</i>	<i>RJK</i>	<i>Fhitung</i>	<i>F Tabel</i>
sintering	331.6971	2	165.8486	6.581295	3.554557
mixing	2298.169	2	1149.085	45.59861	3.554557
Interaksi dalam	59.30891	4	14.82723	0.588382	2.927744
Total	453.5998	18	25.19999		
	3142.775	26			

Untuk Analisa pengujian kuat tekan dengan anova dua arah yang telah dilakukan dengan *Microsoft excel* dapat dilihat bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ 6,581 > 3,554 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi waktu mixing dan sintering $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dari nilai tersebut H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan, dan bisa dilihat dari interaksi antara dua variasi dilihat bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka dapat disimpulkan H_0 ditolak dan H_1 diterima yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara dua variasi tersebut.

KESIMPULAN

Semakin lama waktu mixing dan waktu sintering maka semakin keras spesimen yang dihasilkan. Nilai tertinggi di tunjukan oleh spesimen dengan waktu mixing dan waktu sintering 90 menit dengan nilai kekerasan 34 HRF. Dan nilai kekerasan terendah di tunjukan pada spesimen waktu mixing dan sintering 70 menit dengan nilai kekerasan sebesar 27 HRF. Untuk uji kuat tekan nilai tertinggi di tunjukan oleh spesimen dengan waktu mixing dan waktu sintering 90 menit dengan nilai kekerasan 7,6 KN. Dan nilai uji kuat tekan terendah di tunjukan pada spesimen waktu mixing dan sintering 70 menit dengan nilai uji kuat tekan sebesar 3,3 KN. Berdasarkan analisa anova dua arah, waktu mixing dan waktu sintering diperoleh $F_{hitung} > F_{tabel}$, oleh karena itu waktu mixing dan waktu sintering berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kalpakjian, S., dan Schmid, S. (2006). *Manufacturing Engineering and Technology Sixth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Mediastika, C. E. (2018). *Kaca Untuk Bangunan*. Surabaya: Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.
- Nawang Sari, P., dan Anuar, K. (2016). Pengaruh Waktu Mixing Terhadap Kekerasan dan Keausan Pada Campuran Serbuk Soda Lime Glass dan Serbuk Piston Bekas Sebagai Material Alternatif Kampas Rem NonAsbestos. *Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi"* (pp. 345-348). Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Prasetyo, M. A. 2004 *Karakteristik Aluminium Hasil Proses Metalurgi Serbuk*. Yogyakarta.
- Rusianto, Toto. 2009. Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan. *Jurnal Teknologi*, Vol. 2, No. 1
- Surdia, T., dan Saito, S. (2005). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Tawan, I. G., Suarsana, I. K., dan Santiharsa, I. N. (2019). Pengaruh Waktu Penahanan Dan Temperatur Sintering Komposit Al Matrik Dengan Penguat Al₂O₃ + SiCw Terhadap Sifat Densitas Dan Kekerasan. *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA* Vol. 8 No. 2, 512-516.

- Triadi, A., Yudhyadi, I., Suartika, I., dan Sari, N. (2019). Efek Suhu Sintering Terhadap Sifat Kekerasan dan Kekuatan Tekan Bahan Campuran Al/Cu/SiC Melalui Proses Metalurgi Serbuk. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 9, No. 2, 80-85.
- Widyastuti., Siradj, E. S., Priadi, D., dan Zulfia, A. 2008. Kompakabilitas Komposit Isotropik Al/Al₂O₃ dengan Variabel Waktu Tahan Sinter. *Makara, Sains* Vol.12, pp. 133-119