

SIFAT MEKANIS KOMPOSIT MATRIKS ALUMINIUM BERPENGUAT ABU JERAMI DENGAN METODE METALURGI SERBUK

A A ALIT TRIADI¹⁾, S SUGIMAN²⁾, L.R. KALBI³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

alittriadi68@unram.ac.id (corresponding)

ABSTRAK

Metode metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah salah satu metode untuk membuat produk komposit matriks logam. Metode ini memberi para peneliti untuk melakukan rekayasa material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi waktu pencampuran dan waktu penahanan sintering terhadap kekerasan dan kuat tekan komposit berbahan serbuk aluminium dan abu jerami. Komposisi komposit ini adalah 90% berat Aluminium dan 10% berat abu jerami. Preparasi spesimen menggunakan metode metalurgi serbuk. Variasi waktu pencampuran dilakukan selama 120, 150 dan 180 menit dengan metode pencampuran kering. Variasi waktu penahanan sintering diterapkan selama 60, 120 dan 180 menit pada suhu 550°C. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah uji kekerasan dan uji tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan optimum terdapat pada benda uji dengan waktu pencampuran 150 menit dan waktu penahanan sintering 180 menit dengan kekerasan rata-rata 96 HRF. Kuat tekan optimum terdapat pada benda uji dengan waktu pencampuran 150 menit dan waktu tahan sintering 120 menit dengan kuat tekan rata-rata 101,28 MPa. Dapat disimpulkan bahwa mixing time dan sintering holding time berpengaruh terhadap kekerasan dan kuat tekan komposit matriks logam.

Kata kunci: metalurgi serbuk; kekerasan; kuat tekan; aluminium; abu jerami

ABSTRACT

The powder metallurgy method is one method for making metal matrix composite products. This method provides researchers with material engineering. This study aims to determine how the effect of variations in mixing time and sintering holding time affects the hardness and compressive strength of composites made of aluminum powder and straw ash. The composition of this composite is 90%wt Aluminum and 10%wt straw ash. Preparation of specimens using powder metallurgy method. Mixing time variations were applied for 120, 150 and 180 minutes with the dry mixing method. Variation of sintering holding time was applied for 60, 120 and 180 minutes at 550°C. The mechanical test carried out are hardness test and compression test. The results showed that the optimum hardness value was found in the specimens with a mixing time of 150 minutes and sintering holding time of 180 minutes with an average hardness of 96 HRF. The optimum compressive strength is found in specimens with a mixing time of 150 minutes and sintering holding time of 120 minutes with an average compressive strength of 101.28 MPa. It can be concluded that mixing time and sintering holding time affect the hardness and compressive strength of the metal matrix composite.

Keywords: Powder Metallurgy; Hardness; Compressive strength; Aluminum; Straw ash

PENDAHULUAN

Industri manufaktur berkembang sangat cepat dan hal itu disamping menimbulkan hal positif, ada hal negatif yang muncul seperti terjadinya limbah industri, misal hasil limbah pemrosesan bahan dan produk habis pakai. Produk aluminium mempunyai perkembangan yang pesat diberbagai bidang, mulai rumah tangga, bangunan, automobil, dan pesawat. Indonesia mempunyai cukup tambang aluminium dan produksi aluminium dan juga limbah aluminium juga semakin bertambah (Muzayyanah, 2021). Adanya limbah aluminium dapat diolah lebih lanjut untuk menjadi bahan-bahan lain yang mempunyai nilai guna, misal untuk pembuatan komposit. Aluminium dapat digunakan sebagai matrik komposit dengan penguat dari bahan-bahan partikel yang pebih keras seperti silikon karbida (SiC). Komposit tersebut banyak dipakai untuk komponen kendaraan militer karena mempunyai sifat-sifat yang baik seperti tahan aus, tahan korosi, tahan panas, koefisien ekspansi rendah dan mempunyai kekuatan yang tinggi (Sukma dkk.,

2015). Triadi dkk. (2019) meneliti kekerasan dan kekuatan tekan komposit Al-Cu-SiC melalui proses metalurgi serbuk melalui proses metalurgi serbuk dengan variasi suhu sinter. Suhu sinter yang dilakukan adalah 320, 420, dan 520 dengan waktu sinter 40 menit. Mereka menunjukkan bahwa nilai optimal kekerasan dan kekuatan tekan diperoleh pada suhu sinter 320-420°C.

Disamping SiC, abu jerami padi berasal dari jerami yang digiling atau ditumbuk halus dapat dimanfaatkan untuk filler komposit bermatrik aluminium, karena abu jerami mengandung silika sampai 65,9% (El-Sayyed, 2006), (Malasyi, 2014). Berdasarkan laporan dari Yadav et al (2018), penambahan abu jerami dalam matriks paduan aluminium menghasilkan sifat mekanik dan fisik yang baik dan ketahanan aus yang tinggi. Pemindaian mikrograf elektron komposit menunjukkan bahwa abu jerami terdistribusi secara homogen di seluruh matriks aluminium. Pada suhu tinggi, keausan paduan aluminium berubah dari pematangan mikro menjadi keausan oksidasi. Karena perbedaan koefisien muai panas antara material matriks dan medan regangan material tulangan yang dibuat dan ketahanan aus material komposit ditingkatkan.

Peneliti lain, Polong (2019) menggunakan abu jerami (setelah dikalsinasi pada suhu 200°C) untuk meningkatkan kekerasan komposit bermatrik aluminium dengan memvariasikan tekanan kompaksi pada pembuatan kompositnya. Komposisi komposit aluminium/abu jerami adalah aluminium 90% dan abu jerami 10% (fraksi berat). Variasi tekanan 300 MPa, 400 MPa dan 500 MPa dengan suhu sinter 450°C, 500°C, dan 550°C, selama 30 menit. kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Mereka melaporkan bahwa kekerasan tertinggi pada tekanan kompaksi 500 MPa dan sinter 450°C dengan nilai sebesar 2,13 VHN. Nilai kekerasan terendah diperoleh pada tekanan kompaksi 300 MPa dan suhu sinter 550°C sebesar 0,89 VHN. Porositas tertinggi dan terendah diperoleh masing-masing pada tekanan kompaksi 300 MPa dengan suhu sinter 550°C dan tekanan kompaksi 500 MPa dengan suhu sinter 450°C.

Dari penelitian tersebut, waktu pencampuran (mixing) komponen dan waktu sinter belum dilaporkan, sehingga penelitian ini fokus menganalisis pengaruh lama waktu mixing dan lama waktu sintering pada proses metalurgi serbuk dengan material dari paduan aluminium dan abu jerami. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan dan uji kuat tekan. Pembentukan specimen (*compacting*) dengan metode *one way pressure*.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu “bagaimana pengaruh variasi waktu pencampuran dan waktu penahanan sintering terhadap kekerasan dan kuat tekan komposit berbahan serbuk aluminium dan abu jerami ?”

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pencampuran dan waktu penahanan sintering terhadap kekerasan dan kuat tekan komposit berbahan serbuk aluminium dan abu jerami

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran serbuk dari aluminium dan abu jerami dengan komposisi 90% dan 10% (% berat). Ukuran dari masing-masing serbuk sebesar 120 mesh. Pencampuran kedua bahan tersebut menggunakan *mixing dryer* dengan variasi waktu 120 menit, 150 menit, dan 180 menit. Selanjutnya, pencetakan specimen (*green body*) dengan beban sebesar 7 ton selama 3 menit. Setelah itu, spesimen uji dipanaskan (sintering) di dalam oven dengan temperatur 550°C dengan variasi waktu tahan selama 60, 120, dan 180 menit, kemudian diikuti dengan pendinginan udara.

Uji Kekerasan

Uji kekerasan specimen dilakukan dengan metode *Rockwell* seperti diperlihatkan dalam gambar 1a. Beban penekan yang digunakan pada alat uji kekerasan yaitu beban 60 kgf dan indentasi pada masing-masing specimen sebanyak tiga titik. Spesimen uji kekerasan berbentuk silinder pejal dengan diameter berukuran 18 mm dan ketebalan 9 mm, seperti disajikan dalam gambar 1b. Untuk specimen yang disiapkan pada pengujian kekerasan yaitu sebanyak 1 specimen untuk setiap perlakuan serbuk sehingga total specimen yang diuji sebanyak 9 buah.



(a)

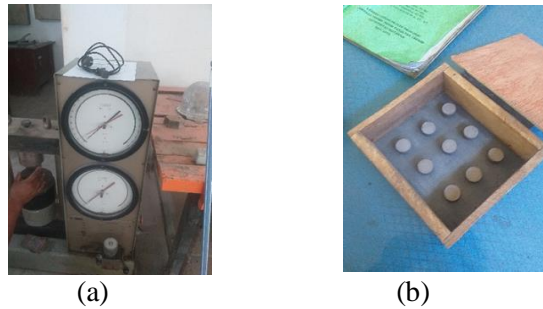


(b)

Gambar 1 a) Alat uji kekerasan *Rockwell* b) spesimen uji kekerasan

Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan spesimen dilakukan seperti diperlihatkan dalam gambar 2a. Beban penekan yang digunakan pada alat uji tekan yaitu beban 100 kg. Spesimen uji tekan berbentuk silinder dengan berukuran diameter 18 mm dan ketebalan 9 mm, seperti disajikan dalam gambar 2b. Untuk spesimen yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sebanyak 3 spesimen untuk setiap perlakuan serbuk sehingga total spesimen yang diuji sebanyak 27 buah.



Gambar 2 a) Alat uji kuat tekan b) spesimen uji kuat tekan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Uji Kekerasan.

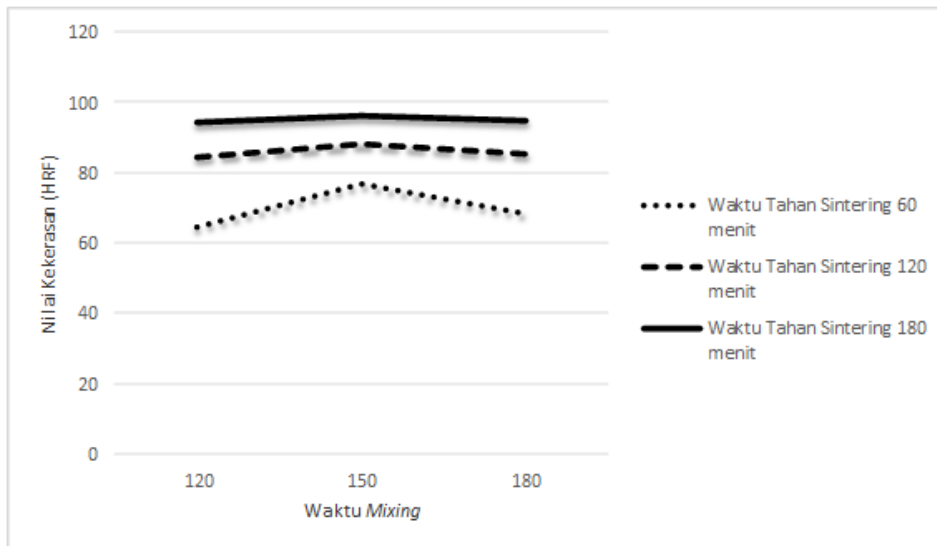
Pada pengujian kekerasan Rockwell, kekerasan bahan ditentukan dari ketahanan material terhadap beban indenter. Bekas ini disebabkan oleh suatu benda yang lebih keras dari pada bahan yang akan diuji. Pada pengukuran kekerasan menurut Rockwell sebagai benda penekan dipergunakan bola baja atau kerucut intan dengan ukuran yang ditetapkan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram. Pengujian kekerasan ini diberlakukan Rockwell skala F dengan satuan HRF karena susunan komposit yang terdiri dari 90% aluminium. Indentor yang digunakan adalah bola baja 1/16 inchi dengan total beban 60 kgf. Semua aspek pengujian ini disesuaikan dengan standar ASTM E18-15 (Anonim, 2006).

Tabel 1. Hasil uji kekerasan dari komposit aluminium-abu jerami

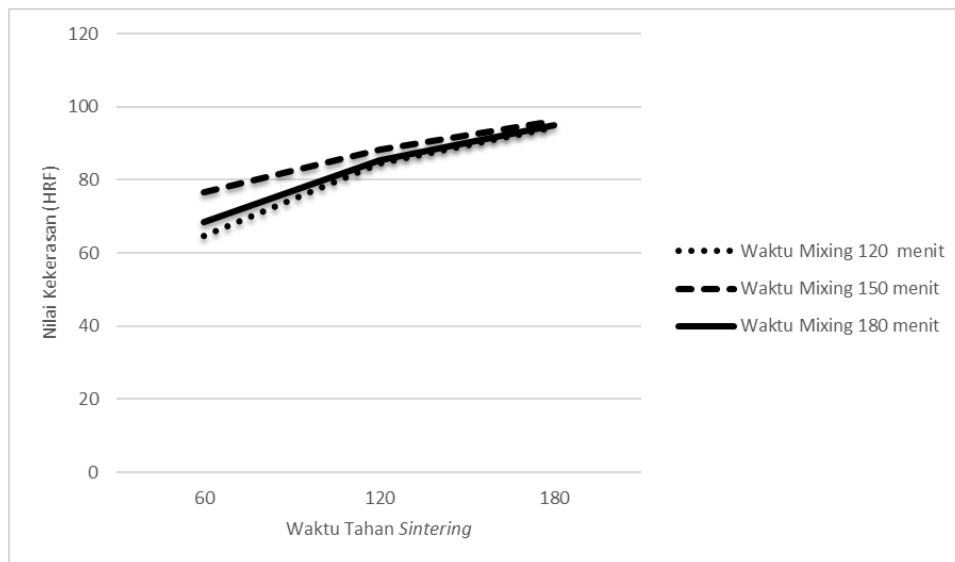
Kode	Massa (g)	Tebal (mm)	Diameter (mm)	Kekerasan rata-rata (HRF)
M120S60	5,06	9,08	18,17	64,67
M150S60	5,07	9,17	18,07	76,67
M180S60	5,16	9,06	18,03	68,33
M120S120	5,03	9,02	18,02	84,33
M150S120	5,11	9,07	18,16	88,33
M180S120	5,07	9,17	18,14	85,33
M120S180	5,12	9,09	18,05	94,33
M150S180	5	9,05	18,13	96
M180S180	5,09	9,19	18,19	95

Nilai kekerasan sangat penting dalam material karena memberikan informasi yang berharga tentang sifat mekanik material tersebut. Kekerasan adalah ukuran resistensi sebuah material terhadap penetrasi, goresan, atau deformasi permanen oleh benda keras atau tekanan eksternal. Kekerasan sering dikaitkan dengan ketahanan dan kekuatan material. Material yang memiliki kekerasan tinggi cenderung lebih tahan terhadap deformasi dan kerusakan. Nilai kekerasan yang tinggi menunjukkan bahwa material memiliki ikatan atom atau struktur yang kuat, sehingga dapat menahan beban dan tekanan eksternal dengan baik.

Pengaruh waktu mixing terhadap nilai kekerasan material dapat bervariasi tergantung pada jenis material dan proses mixing yang digunakan. Dalam beberapa kasus, waktu mixing dapat mempengaruhi kekerasan material, sementara dalam kasus lain, pengaruhnya mungkin lebih minimal. Waktu tahan sintering yang lebih lama dapat memberikan lebih banyak waktu bagi rekristalisasi dan pertumbuhan butiran material. Hal ini dapat menghasilkan pertumbuhan butiran yang lebih besar dan perubahan dalam struktur kristal material, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kekerasan material. Waktu tahan sintering yang panjang memberikan lebih banyak waktu bagi atom atau molekul dalam material untuk berdifusi dan mengatur ulang. Proses difusi ini dapat mempengaruhi kepadatan dan distribusi atom dalam material, yang dapat berdampak pada kekerasan material. Grafik hasil uji kekerasan ditampilkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Grafik hubungan nilai kekerasan dengan waktu mixing



Gambar 4. Grafik hubungan nilai kekerasan dengan waktu tahan sintering

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara nilai kekerasan rata-rata dengan waktu mixing. Nilai optimum kekerasan ditunjukkan pada waktu mixing 150 menit yang berarti adanya kenaikan dari 120 menit sampai 150 menit kemudian penurunan dari 150 menit sampai 180 menit. Waktu mixing erat hubungannya dengan kehomogenan komposit yang dibuat. Semakin lama waktu mixing dapat menurunkan kekerasan yang diakibatkan karena terjadi penggumpalan sehingga tingkat kehomogenan kembali berkurang (Ruzuki, 2020). Sedangkan pada gambar 4 menunjukkan hubungan antara nilai kekerasan rata-rata dengan waktu tahan sintering. Nilai optimum kekerasan ditunjukkan pada waktu tahan sintering 180 menit yang berarti semakin tinggi waktu tahan sintering semakin tinggi nilai kekerasannya. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen M150S180 dengan rata-rata kekerasan sebesar 96 HRF. Bertambahnya waktu tahan sintering memberikan kesempatan matriks logam aluminium untuk berdifusi dan saling mengikat sehingga batas antar butir akan semakin berkurang (Triadi dkk, 2022). Pada penelitian yang dilakukan oleh Rivai (2020) bahwa batas antar butir akan diisi oleh filler abu jerami yang mengandung silica dan bersifat mampu meningkatkan kekerasan material seiring bertambahnya waktu tahan sintering.

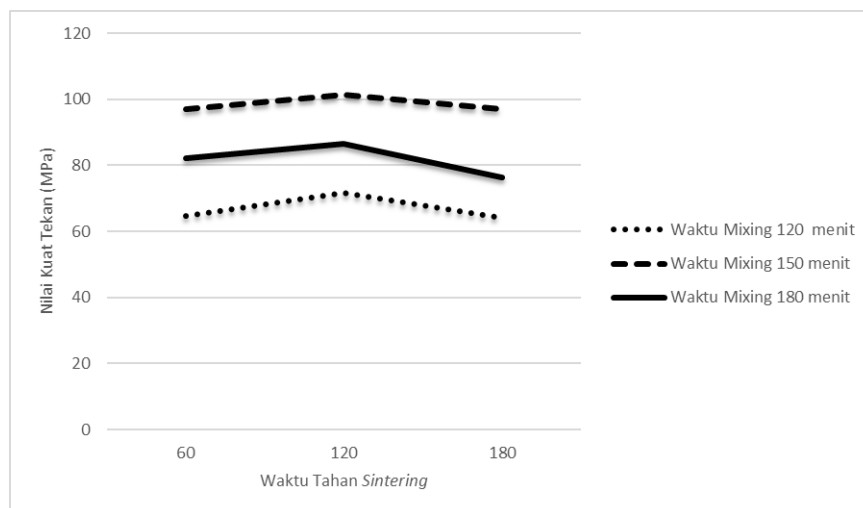
Analisa Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengukur kemampuan suatu material dalam menahan beban tekan atau tekanan yang diberikan. Uji ini dilakukan untuk memahami sejauh mana suatu material dapat bertahan atau mengalami deformasi saat diberikan gaya tekan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram. Pengujian kekerasan ini diberlakukan pembebanan yang akan menekan spesimen hingga hancur. Nilai yang ditunjukkan pada alat uji tekan adalah pembebanan maksimum yang terjadi pada spesimen. Semua aspek pengujian ini disesuaikan dengan standar ASTM E9 (Anonim, 2006). Data hasil uji tekan ditampilkan pada tabel 2.

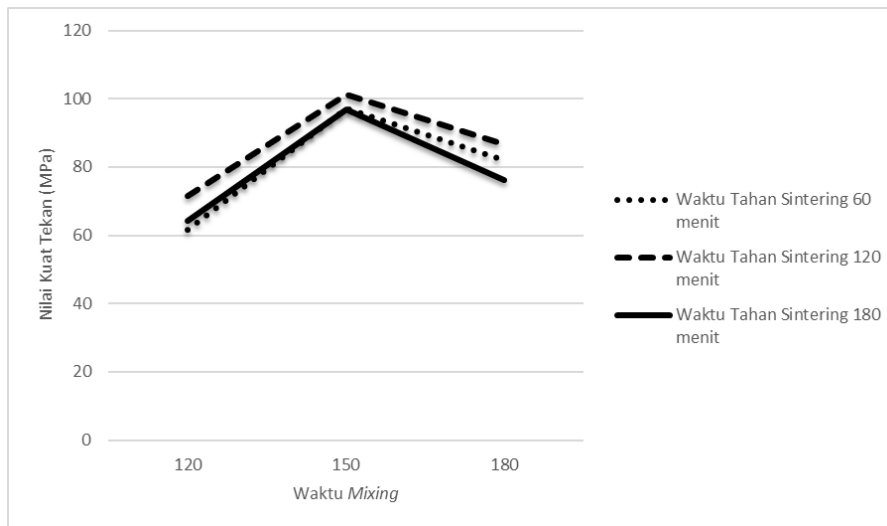
Tabel 2. Hasil uji kuat tekan dari komposit aluminium-abu jerami

Kode	Massa (g)	Tebal (mm)	Diameter (mm)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
M120S60	7,14	25,20	13,12	61,71333
	7,03	25,09	13,17	
	7,04	25,15	13,05	
M150S60	7,03	25,10	13,11	97,12
	7,16	25,01	13,06	
	7,15	25,11	13	
M180S60	7,08	25,01	13,04	82,08667
	7,02	25,04	13,02	
	7,16	25	13,14	
M120S120	7,08	25,13	13,12	71,57667
	7,09	25,15	13,06	
	7,15	25,20	13,17	
M150S120	7,17	25,1	13,17	101,28
	7,13	25,13	13,15	
	7,20	25,11	13,02	
M180S120	7,16	25,01	13,01	86,62333
	7,07	25,03	13,09	
	7,14	25,17	13,19	
M120S180	7,17	25,1	13,03	64,13
	7,1	25,15	13,19	
	7,04	25,11	13,17	
M150S180	7,07	25,18	13,1	96,84
	7,1	25,07	13,07	
	7,01	25,15	13,06	
M180S180	7,15	25,18	13,11	76,23333
	7	25,15	13,16	
	7,14	25,02	13,15	

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara nilai kuat tekan rata-rata dengan waktu mixing. Nilai optimum kuat tekan ditunjukkan pada waktu mixing 150 menit yang berarti adanya kenaikan dari 120 menit sampai 150 menit kemudian penurunan dari 150 menit sampai 180 menit. Sedangkan pada gambar 6 menunjukkan hubungan antara nilai kuat tekan rata-rata dengan waktu tahan sintering. Nilai optimum kuat tekan pada waktu tahan sintering 120 menit yang berarti adanya kenaikan dari 60 menit sampai 120 menit kemudian penurunan dari 120 menit sampai 180 menit. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada spesimen M150S120 dengan rata-rata kuat tekan sebesar 101,28 MPa.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan waktu mixing



Gambar 6. Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan waktu tahan sintering

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kuat mengalami penurunan pada waktu tahan sintering diatas 120 menit, hal ini bisa jadi diakibatkan terperangkapnya oksigen saat proses sintering. Oksigen yang terperangkap dapat mengakibatkan ikatan antar partikel tidak optimal sehingga terjadi penurunan kuat tekan. Hal lain yang bisa menjadi penyebab menurunnya kuat tekan adalah lepasnya ikatan silica yang terdapat pada abu jerami (Triadi dkk, 2022).

Pada waktu tahan sintering yang lama, partikel-partikel material akan memiliki lebih banyak waktu untuk berdifusi dan bergabung bersama. Hal ini dapat menyebabkan pertumbuhan butir, di mana butiran material menjadi lebih besar. Pertumbuhan butir yang signifikan dapat mengurangi kekuatan material karena batas butir yang lebih panjang menjadi lebih lemah (Triadi dkk, 2022).

Waktu tahan sintering yang lama dapat menyebabkan tingkat pengurangan massa yang lebih tinggi karena sintering lebih lanjut. Ini mungkin menyebabkan peningkatan porositas dalam material. Porositas yang tinggi dapat mengurangi kekuatan tekan material karena strukturnya memiliki lebih banyak celah dan ruang hampa yang dapat berpotensi menjadi titik lemah. Beberapa material, terutama keramik dan logam paduan tertentu, dapat mengalami dekomposisi fase selama waktu tahan sintering yang lama. Ini berarti beberapa komponen dalam material dapat berubah struktur kristal atau kehilangan unsur-unsur penting, yang dapat mempengaruhi sifat mekaniknya termasuk kuat tekan.

PENUTUP

Simpulan

Variasi waktu mixing dan waktu tahan (*holding time*) sintering memiliki pengaruh yang berbanding lurus dan signifikan terhadap nilai kekerasan komposit aluminium-abu jerami. Semakin lama mixing dan waktu tahan (*holding time*) sintering semakin besar nilai kekerasan komposit. Sedangkan variasi waktu mixing dan waktu tahan (*holding time*) sintering memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap kuat tekan komposit aluminium-abu jerami.

Saran

Jika ingin meningkatkan nilai kekerasan komposit aluminium-abu Jerami, maka ditingkatkan waktu mixing dan waktu tahan (*holding time*) sintering. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait spesimen yang berbeda.

DAFTAR NOTASI

- M120S60 : Spesimen dengan waktu mixing 120 menit dan waktu tahan sintering 60 menit
- M120S120 : Spesimen dengan waktu mixing 120 menit dan waktu tahan sintering 120 menit
- M120S180 : Spesimen dengan waktu mixing 120 menit dan waktu tahan sintering 180 menit
- M150S60 : Spesimen dengan waktu mixing 150 menit dan waktu tahan sintering 60 menit
- M150S120 : Spesimen dengan waktu mixing 150 menit dan waktu tahan sintering 120 menit
- M150S180 : Spesimen dengan waktu mixing 150 menit dan waktu tahan sintering 180 menit
- M180S60 : Spesimen dengan waktu mixing 180 menit dan waktu tahan sintering 60 menit
- M180S120 : Spesimen dengan waktu mixing 180 menit dan waktu tahan sintering 120 menit
- M180S180 : Spesimen dengan waktu mixing 180 menit dan waktu tahan sintering 180 menit

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2006). Annual Book of ASTM Standards. International Standard Worldwide
- El-Sayed, (2006). Physical and chemical property of rice straw ash and its effect on the cement paste produced from different cemen types, Jurusan Teknik Sipil Universitas Minofiya Egypt.
- Malasyi, S. (2014) Analisis pengaruh penggunaan abu jerami terhadap kuat tekan beton. Teras Jurnal, Vol.4, No.2. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
- Muzayyanah, N. (2021). Pemanfaatan limbah abu aluminium sebagai substitusi semen dalam pembuatan paving block. Universitas Islam Indonesia.
- Polong, F. (2019). Pengaruh Tekanan Kompaksi Komposit Aluminium/Abu Jerami Terhadap Kekerasan. Universitas Tadulako.
- Rifai, M. (2020). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Keausan Dan Struktur Mikro Komposit Aluminium/Abu Jerami. Universitas Tadulako.
- Ruzuqi, R. (2020). Tensile Strength Analysis Of Polymer Composite Materials Fiber Reinforced In The Fiber Boat Application. Journal of Research and Opinion, 7(8), 2763-2769.
- Sukma, H., Prasetyani, R., Rahmalina, D., & Imanuddin, R. (2015). *Peran Penguat Partikel Alumina Dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Matriks Aluminium*. Prosiding Semnastek.
- Triadi, A A Alit., Yudhyadi, I., Suartika, I., & 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.
- Triadi. AA Alit; Wangi, KGK; Setyawan, PD; (2022), Efek suhu sintering dan komposisi bahan terhadap karakteristik mekanik komposit berbahan limbah aluminium dan kaca menggunakan metode metalurgi serbuk. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin. 12(1)* 19-28
- Triadi, AAA; Fathoni MD; Pandiatmi P, (2022), Efek waktu tahan sintering dan komposisi bahan terhadap kekerasan dan struktur makro produk metalurgi serbuk, *Jurnal Energy, Material and Product Design. 1(2)* 39-45
- Yadav, A. K., Pandey, K. M., & Dey, A. (2018). Aluminium Metal Matrix Composite With Straw Ash As Reinforcement: A Review. *Materials Today: Proceedings, 5(9)*, 20130-20137.