



Efek gaya tekan pembuatan hibrid komposit berpenguat SiCw/Al₂O₃ dengan *wetting agent* Mg terhadap sifat fisik dan mekanik

The effect of the compressive force of making SiCw/Al₂O₃ reinforced hybrid composites with Mg wetting agent on physical and mechanical properties

K. Suarsana^{*1}, N.P.G. Suardana¹, D.N.K.P. Negara¹, P.W. Sunu², A.A.A. Triadi³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali 80361, Indonesia. HP. 081338606307

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Jl. Raya Uluwatu No.45, Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali 80361, Indonesia

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia

*E-mail: ktsuarsana@yahoo.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 17 August 2020

Accepted 06 March 2021

Available online 01 April 2021

Keywords:

Hybrid Composites

SiCw

Al₂O₃

Mechanical Properties

Vickers.



The growing demand for metal-based materials in the manufacturing industry has prompted the development of composite materials that have better mechanical and physical properties than single materials. The development be done in order to obtain new materials that have better properties. The research was conducted using a powder metallurgy process, by varying the compressive force and holding time in order to determine the effect of the combination of compression and holding time on the mechanical and physical properties of composites. The variations in the compressive force are 20, 25, and 30 kN, with a holding time of 15, 30 and 45 minutes for each force. Research includes tests of density, porosity, hardness, wear and Scanning Electronic Microscope. The results of the density test showed that the highest density value was 2.982 gr/cm³ and the lowest porosity value was 13.074% at a compressive force of 25 kN, holding time of 45 minutes. The results of the highest hardness value 53.455 kg/mm² at 30 kN, 45 minutes and the lowest wear value 2.15455E-05 gr at a pressure of 20 kN, 15 minutes. Based on the test results, the characteristics of the density are inversely proportional to the porosity, while the hardness and wear are influenced by the length of holding time in the mold of a composite using aluminum as a matrix needs too.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan material konvensional berbasis logam yang kuantitas dan kualitasnya terbatas memunculkan pemikiran untuk pengembangan material baru yang terdiri dari dua atau lebih gabungan material yang berbeda, seperti logam dengan keramik, logam dengan alumina, material ini disebut komposit. Penelitian dan pengembangan teknologi komposit bertujuan untuk meningkatkan karakteristik sifat material yang signifikan, seperti untuk aplikasi material yang ringan tetapi sangat kuat (Ferdian dkk., 2018). Penelitian sebelumnya memanfaatkan serat *silicon carbon* dan partikel alumina pada Aluminium Matrix Composite guna meningkatkan sifat mekanisnya. Hasil yang didapat dari peningkatan komposisi penguat Al₂O₃ dapat mengurangi porositas, meningkatkan densitas, dan kekerasan pun meningkat dimana hasil porositas tertinggi adalah 21,546 % dan densitas tertinggi 2,469 gr/cm³ (Suarsana, 2017). Efek komposisi dan perlakuan sintering pada komposit Al/(SiCw+Al₂O₃) terhadap sifat fisik dan keausan, dengan penambahan komposisi persen berat SiC dan Alumina (Al₂O₃) memberikan pengaruh pada sifat komposit yang dibuat, dimana densitas dan keausan meningkat terjadi pada setiap penambahan Alumina (Al₂O₃) itu sendiri (Suprpto dkk., 2017).

Material komposit didefinisikan sebagai material hasil kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan material yang memiliki sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari sifat masing-masing komponen penyusunnya. Komponen penyusun dari komposit, yaitu matrik dan penguat (*reinforcement*). Berdasarkan bahan matrik yang digunakan, maka komposit dapat dibagi ke dalam tiga kelompok, salah satu adalah *metal matrix composite* yaitu jenis komposit yang matrik berupa logam dan umumnya menggunakan keramik sebagai penguat. Berdasarkan bentuk partikel penguatnya dapat dibagi menjadi dua yaitu *continous* dan *discontinous*. *Continous* merupakan komposit yang menggunakan bahan fiber sebagai penguat. Komposit dengan penguat fiber digunakan jika komponen yang hendak dibuat lebih mementingkan kekuatan tarik yang baik. Sedangkan *discontinous* digunakan untuk aplikasi yang pembebanannya diterima merata di seluruh material komposit, karena beban akan terdistribusi kesemua penguat melalui matrik sehingga penyebarannya akan merata dan tidak terpusat seperti serat *continuous* (Widiarta dkk., 2018). Aluminium merupakan logam ringan dengan masa jenis yang rendah (2,7 gr/cm³) memiliki sifat keuletan dan sifat mampu tekan yang cukup tinggi (Bayuseno dan Chamdani, 2011). Silikon karbida merupakan salah satu jenis keramik yang sering digunakan sebagai penguat dalam komposit. SiCw banyak dipergunakan untuk memperkuat bahan logam, karena ketahanannya terhadap suhu tinggi, dan memiliki kekerasan mendekati kekerasan intan (Sukma dkk., 2015). Alumina merupakan salah satu jenis keramik oksida yang keras, penambahan alumina bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus material (Milak dkk., 2015). Pembuatan komposit dengan penambahan magnesium bertujuan sebagai pengikat antara matrik dan penguat, dengan cara menurunkan tegangan permukaan antara keduanya. Logam ini berfungsi untuk memperkuat ikatan adhesi antara dua unsur atau lebih pembentuk komposit (Zainuri dkk., 2008). Adapun proses pembuatan komposit menggunakan proses metalurgi serbuk yang mencakup beberapa tahapan seperti pencampuran yang menggunakan metode pencampuran basah dengan menambahkan ethanol pada saat pencampuran. Selanjutnya proses penekanan untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk material dengan tekanan dan waktu tahan yang bervariasi, sehingga partikel akan saling berkaitan secara fisik dan kimia menjadi struktur yang kohern (Grigoriev dkk., 2019).

Pada penelitian komposit menggunakan serbuk aluminium ditambahkan serbuk SiCw dan Magnesium diperoleh nilai konduktivitas termal mengalami kenaikan pada setiap penambahan tekanan, sedangkan nilai laju keausan mengalami penurunan seiring penambahan tekanan (Prasetyo dkk., 2018). Efek komposisi komposit matrik aluminium penguat silikon *carbida wisker* dan alumina terhadap sifat kekerasan didapatkan hasil penelitian bahwa nilai kekerasan pada spesimen uji meningkat dikarenakan persentase komposisi bahan SiCw yang semakin banyak diantara bahan penguat (Setiawan dkk., 2018). Pada penelitian ini fokus pada komposit menggunakan jenis partikel penguat *discontinous*, dan metal matrik komposit dengan metode pengembangan teknik *powder metalurgy* pada aluminium *matrix composite* menggunakan penguat SiCw dan Al₂O₃ dengan menambahkan *wetting agen* yaitu Mg, variasi gaya tekan dan lama waktu tahan dalam cetakan.

2. METODE PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembuatan matrik metal komposit menggunakan aluminium sebagai matrik yang berpenguat serbuk SiC/Al₂O₃ dan Mg sebagai *wetting agent*. Metode yang digunakan adalah metalurgi serbuk, kemudian dianalisa sifat fisik dan mekanik dari komposit. Aluminium halus (*fine powder*) dipilih sebagai bahan matriks dengan kemurnian di atas 90% (≥ 90% p.a Merck), densitas (ρ) = 2,7 gr/cm³ dan kekerasan 75-95 Hv, dengan ukuran butir 32 sampai 45 μ m. Material komposit terdiri dari 70% Al matrik, penguat 15%SiCw+10%Al₂O₃, *wetting*

agent 5% Mg. Variabel yang ditentukan yaitu gaya tekan 20, 25 dan 30 kN serta masing-masing lama penahanan 15, 30 dan 45 menit. Pencampuran antara matrik dan penguat komposit menggunakan alat Magnetik stirrer. Sedangkan variabel yang dicari meliputi nilai densitas, porositas, kekerasan, keausan dan pengamatan struktur mikro dengan SEM. Sampel komposit yang dibuat berbentuk silendris dengan penekanan yang bervariasi dari 20, 25 dan 30 KN.

2.1 Pengujian Sifat Densitas

Densitas merupakan perbandingan massa (m) dengan volume (V). Pengukuran densitas yang berbentuk padatan atau *bulk* digunakan metode Archimedes mengikuti persamaan 1 (ASTM-C134-95, 2016).

$$\rho = \frac{m_s}{(m_b - m_g)} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

dengan ρ adalah densitas bahan (gr/cm^3), m_s adalah massa sampel kering (gr), m_g adalah massa sampel digantung dalam air (gr), m_b adalah massa sampel setelah direndam air (gr), dan ρ_{H_2O} adalah massa jenis air murni (1 gr/cm^3)

2.2 Pengujian Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga/pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat dicari dengan persamaan 2 (ASTM-C373-88, 2006).

$$P = \frac{m_b - m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times 100 \% \quad (2)$$

dengan P adalah porositas bahan (%), m_s adalah massa sampel kering (gr), m_g adalah massa sampel digantung dalam air (gr), m_b adalah massa sampel setelah direndam air (gr), dan m_k adalah massa kawat penggantung sampel (gr). Adapun, tahapan pengujian porositas adalah sebagai berikut.

- 1) Spesimen dikeringkan di dapur pemanas dengan temperatur 100°C selama 30 menit, kemudian timbang massa spesimen dengan menggunakan timbangan digital, yang selanjutnya disebut massa kering (m_s).
- 2) Timbang massa kawat penggantung menggunakan timbangan digital (m_k).
- 3) Timbang massa spesimen dan kawat penggantungnya didalam air dengan menggunakan timbangan digital (m_g).
- 4) Spesimen direndam di dalam air sehingga massa spesimen dalam keadaan jenuh, kemudian keringkan permukaan spesimen dengan kain (lap), selanjutnya timbang massanya dengan menggunakan timbangan digital (m_b).

2.3 Pengujian Sifat Kekerasan

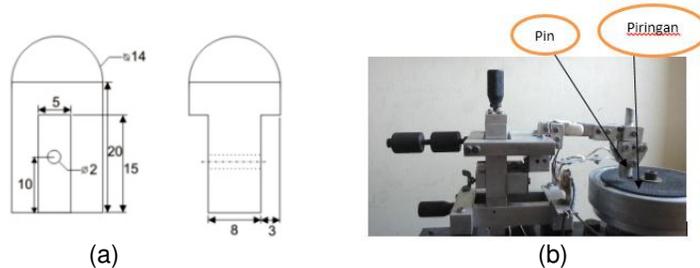
Uji kekerasan *vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136° . Ada dua rentang kekuatan uji yang berbeda, yaitu mikro (10 – 1000 gr) dan makro (1 – 100 kg). Standar untuk pengujian: ASTM E-384 rentang mikro (10 – 1000 gr), ASTM E-92 rentang makro (1 – 100 kg), dan ISO 6507 rentang mikro dan makro. Pegujian dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap sampel untuk mencari nilai kekerasan. Perhitungan nilai kekerasan mengikuti persamaan 3 (Ronald, 1994).

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad (3)$$

dengan VHN adalah *Vickers Hardness Number*, P adalah beban yang diberikan (kgf), dan d^2 adalah diagonal rata-rata kuadrat indentasi (mm).

2.4 Pengujian Sifat Keausan

Keausan didefinisikan sebagai rusak/hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Keausan memiliki beberapa mekanisme, yaitu abrasi, erosi, adhesi, fatik dan korosi. Metode pengujian keausan yang dilakukan adalah menggunakan metode *pin on disk*.



Gambar 1. (a) Spesimen *pin on disk* dan (b) alat uji keausan

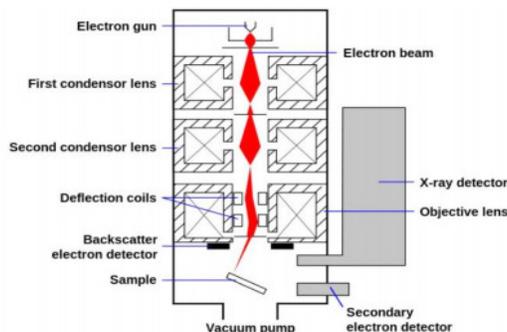
Spesimen uji keausan dan pengujian mengikuti standar ASTM G99-95. Gambar dimensi spesimen uji keausan ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Dimensi spesimen memiliki 27 mm dan diameter 14 mm. Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan alat tribometer pin-on-disk dengan metode kontak sliding antara pin dengan piringan/disk (Sulardjaka dan Saefi, 2015). Perhitungan nilai laju keausan dapat dilihat sebagai berikut.

$$k = \frac{w_0 - w_1}{t} = \frac{w}{t} \quad (4)$$

dengan k adalah laju keausan (gr/s), w_0 adalah berat awal spesimen (gr), w_1 adalah berat akhir spesimen (gr), t adalah waktu / lama pengausan (s), dan w adalah selisih berat goresan yang hilang (gr).

2.5 Pengujian SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) yang digunakan pada pengujian ini adalah SEM JEOL JSM 5900 pada 10 kV dengan pembesaran 20 μm , 100 μm , dan 500 μm . SEM merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan untuk menganalisa struktur mikro material komposit. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa struktur kristalografi, morfologi sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa bahan. Prinsip kerja SEM adalah dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah *Cathode Ray Tube* (CRT) memberi tampilan gambar. SEM menggunakan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sebesar 4×10^{-3} nm atau sekitar 100.000 kali lebih pendek dari panjang gelombang cahaya yang tampak. Hal ini yang menyebabkan SEM dapat digunakan untuk menganalisa objek-objek yang ukurannya sangat kecil yang tidak dapat dipisahkan oleh mikroskop biasa. Detektor yang digunakan pada SEM ini adalah *secondary electron* (Choudhary dan Priyanka, 2017).

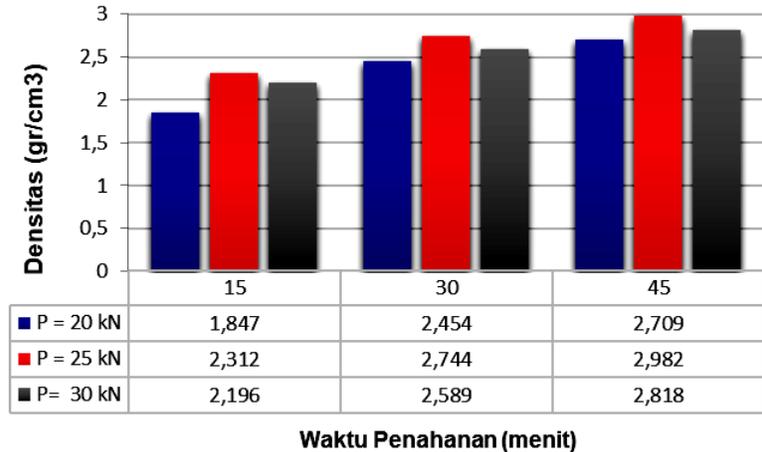


Gambar 1. Diagram skematik SEM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Densitas

Hasil pengujian dari proses penekanan dan waktu penahanan pada specimen di Laboratorium, selanjutnya dikenakan proses sintering pada temperatur panas 500°C. Gambar 2. menunjukkan hasil pengujian densitas dari spesimen yang telah dibuat melalui proses variasi penekanan dan penahanan. Perhitungan data dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) :

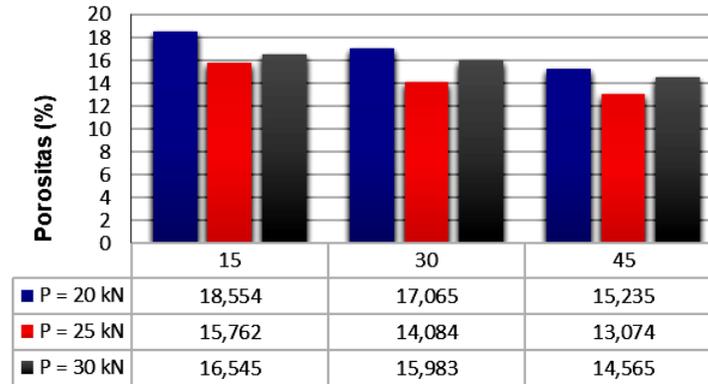


Gambar 2. Nilai densitas efek dari tekan dan lama penekanan.

Berdasarkan pada Gambar 2, terlihat adanya pengaruh hasil penekan dan lama waktu penekanan pembuatan komposit terhadap nilai densitas. Pada gaya tekan 25 kN disetiap waktu penahanan 15 menit, 30 menit serta 45 menit memberikan densitas tertinggi dibandingkan dengan gaya tekan 20 kN maupun gaya tekan 30 kN. Nilai densitas tertinggi terjadi pada gaya tekan 25 kN sebesar 2,982 gr/cm³ dalam waktu penahan 45 menit. Dalam hal ini bahwa gaya tekan 25 kN memberikan efek yang paling baik untuk peningkatan densitas komposit baik pada waktu penahanan 15 menit, 30 menit maupun 45 menit. Densitas tinggi terjadi akibat adanya ikatan antar partikel, ikatan partikel ini memberikan pengaruh terhadap distribusi porositas pada spesimen. Seperti pada waktu penahanan 45 menit dengan gaya tekan 20 kN, 25 kN dan 30 kN membrikan nilai berturut-turut sebesar (2,705 gr/cm³, 2,982 gr/cm³ dan 2,818 gr/cm³). Jadi perbedaan waktu penahanan yang diberikan sangat berpengaruh terhadap densitas pada spesimen. Dapat disimpulkan jadi efek waktu penahan tertinggi terjadi pada 45 menit dan gaya tekanan pada 25 kN. Pada setiap waktu penahanan dari 15 menit, 30 menit dan 45 menit yang memberikan hasil densitas tertinggi pada gaya tekan 25 kN. Berdasarkan penelitian sebelumnya, hasil yang diperoleh adalah kompaktibilitas komposit Al/Al₂O₃ mencapai nilai optimun saat waktu tahan sintering 2 jam. Sepanjang proses sintering, fasa baru yang terbentuk adalah alumina tidak stabil (Widyastuti dkk., 2008).

3.2 Hasil Pengujian Porositas

Hasil pengujian porositas pada spesimen yang telah melalui proses tekan dan lama penahan dapat dihitung dengan persamaan 2 dan data hasil uji ditunjukkan pada Gambar 3.



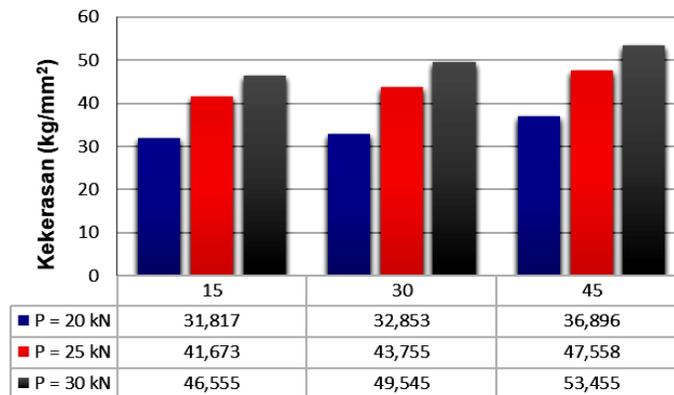
Waktu Penahanan (menit)

Gambar 3. Nilai porositas efek dari tekan dan lama waktu penekanan.

Berdasarkan pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa prosentase porositas menurun pada gaya tekan yang diberikan 25 kN paling rendah 13,073%. Berbanding terbalik dengan hasil uji densitas pada gaya tekan 25 kN yang tertinggi. Nilai porositas pada gaya tekan 20 kN sebesar 18,554%, menurun menjadi 15,762% pada gaya tekan 25 kN dan meningkat lagi menjadi 16,545% pada gaya tekan 30 kN. Jadi pengaruh hasil nilai porositas dari variasi tekan dari tekanan awal porositas tinggi dan menurun pada tekan 25 kN kemudian perlahan naik lagi pada tekanan 30 kN. Jadi dapat disimpulkan tekanan yang baik pada komposit sebesar 25 kN. Ini dikarenakan tekanan tersebut memberikan hasil pori dengan prosentase kecil. Sedangkan tekanan yang lebih tinggi menyebabkan terjadinya pergeseran butir karena menimbulkan sifat rapuh, sehingga pori akan muncul lebih banyak. Kesimpulan ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa porositas merupakan pusat konsentrasi tegangan eksternal yang dapat menurunkan kemampuan material komposit dalam menahan beban akibat dari terbentuknya porositas (Ferdian dkk., 2018).

3.3 Hasil Pengujian Sifat Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan yang telah melalui proses penekan dan lama waktu penekanan ditunjukkan pada grafik hubungan tekanan, lama waktu penekanan terhadap nilai kekerasan.



Waktu Penahanan (menit)

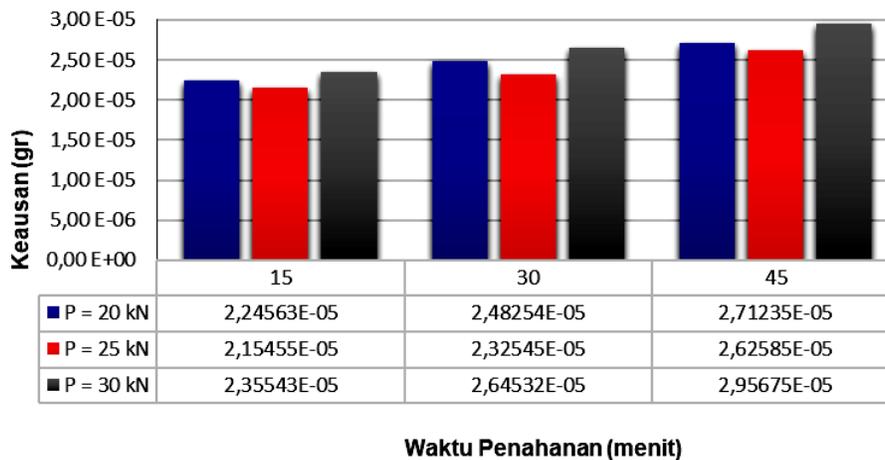
Gambar 4. Nilai kekerasan dari pengaruh hasil variasi tekan dan lama waktu tahan.

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa grafik kekerasan semakin tinggi dengan semakin meningkatnya gaya tekan/kompaksi dan lama waktu penahanan yang diberikan pada proses pembuatan material komposit. Dari hasil pengujian tersebut didapat kekerasan terendah pada tekanan 20 kN nilai kekerasan 31,817 kg/mm² dan terus meningkat seiring dengan peningkatan tekanan dan lama waktu penekanan yang berturut-turut dengan lamanya penekanan 30 menit, 32,8853 kg/mm² serta 45 menit 36,896 kg/mm². Selanjutnya begitu juga untuk tekanan 25 kN dan 30

kN dengan lama waktu penekanan dari 15 menit, 30 menit dan 45 menit semakin meningkat nilai kekerasannya. Pada penelitian ini terjadi karena semakin besar gaya tekan dan semakin lama waktu penekanan, komposit yang dihasilkan semakin keras terjadi akibat pemadatan, namun antar/batas butir mudah tergeser, material keras dan getas.

3.4 Hasil Pengujian Sifat Keausan

Data hasil uji keausan yang telah dibuat dalam bentuk grafik untuk mempermudah membahas dan menunjukkan hubungan antara gaya tekan dan lama waktu penekanan terhadap laju keausan. Gambar 5 grafik hubungan anantara besarnya gaya tekan dan lama waktu tekan terhadap laju keausan material komposit dapat dilihat seperti berikut :

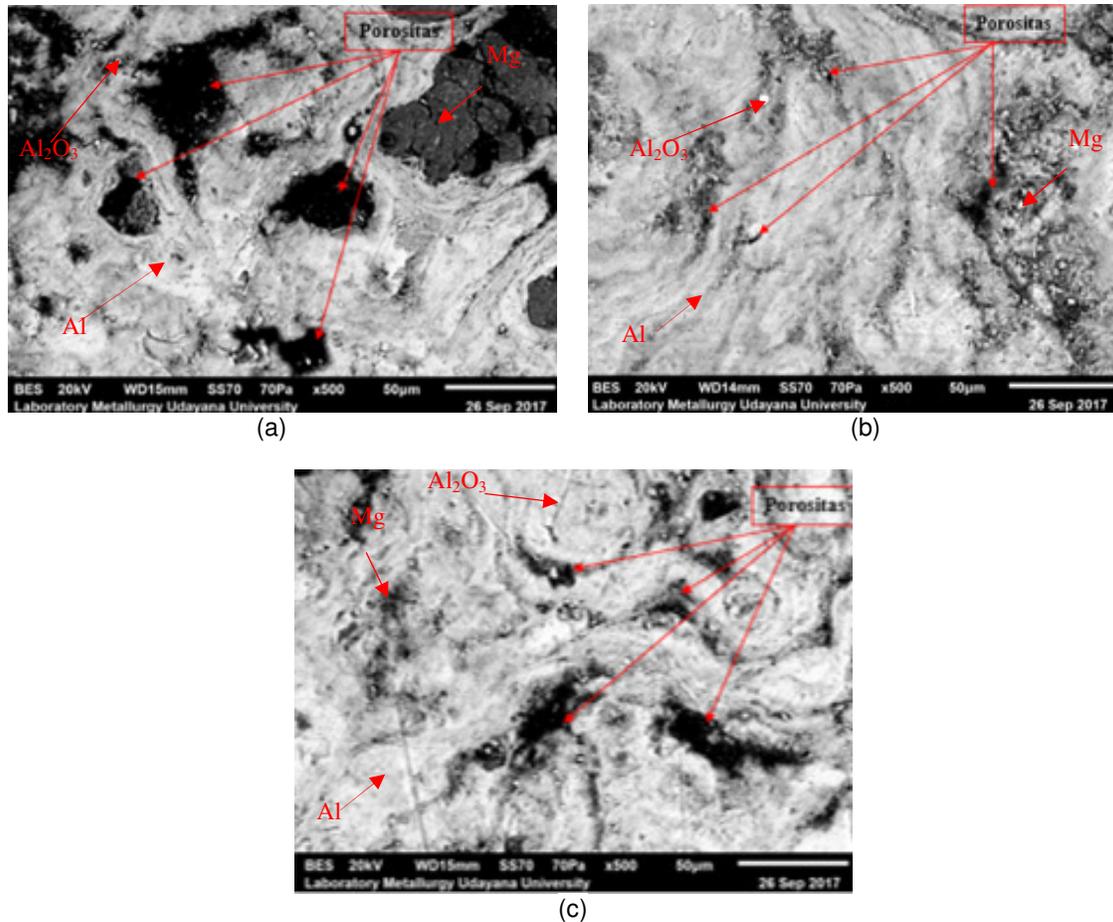


Gambar 5. Laju keausan dari pengaruh hasil variasi tekan dan lama waktu tahan

Nilai laju keausan pada komposit ini, terendah didapat dari besarnya penekanan 25 kN pada perlakuan waktu penekanan 15 menit. Selanjutnya mengalami peningkatan laju keausan pada kompaksi 30 kN dengan waktu penahanan 15 menit, 30 menit dan 45 menit berturut-turut sebesar 2,355E-05 gr, 2,645E-05 gr dan 2,957E-05 gr. Jadi terlihat bahwa peningkatan waktu tahan dari masing-masing lama tekan dapat memberikan laju keausan semakin tinggi. Hasil dilihat dari peningkatan waktu penahanan memberikan nilai keausan tertinggi pada kompaksi 30 kN. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan kerapatan antara partikel matrik, tetapi terjadi gaya tekan meningkat dapat menimbulkan getas/rapuh komposit tersebut, sehingga mudah bergeser antar partikel yang menyebabkan laju keausan meningkat pada perlakuan waktu penahanan. Adanya penguat di dalam matrik sehingga rongga pada komposit berkurang dengan semakin naiknya lama waktu kompaksi partikel dari matrik dan penguat akan mudah bergeser akibat rapuh (Prasetyo dkk., 2018). Sehingga, hasil penelitian tentang laju keausan yang memberikan nilai terbaik adalah pada tekanan 25 kN waktu penahanan 15 menit.

3.5 Hasil Pengujian SEM

Pada Gambar 6 (a) ditampilkan foto SEM dengan pembesaran 500x pada hasil komposit dengan penekanan 20 kN memperlihatkan pori-pori dari komposit cukup banyak dibandingkan dengan foto SEM hasil penekanan 25 kN. Seiring dengan hasil nilai porositas dan nilai densitas terbaik dari penelitian ini adalah densitas tertinggi berada pada nilai porositas terendah. Pada Gambar 6 (b) di tampilkan foto SEM dengan pembesaran 500x pada hasil komposit dengan penekanan 25 kN dengan perbesaran ini menjelaskan bahwa pada gaya tekan 25 kN jumlah porositas yang timbul berkurang, dibandingkan dengan hasil SEM pada Gambar 6 (a) dan Gambar 6 (c). Nilai porositas terendah 13,073% pada lama waktu penekanan 45 menit. Sedangkan densitas tertinggi 2,982 gr/cm³ pada lama waktu penekanan 45 menit. Pada Gambar 6 (c) di tampilkan foto SEM hasil komposit dengan penekanan 30 kN pada pembesaran 500x menunjukkan bahwa pada gaya tekan 30 kN jumlah porositas yang timbul semakin berkurang, namun masih lebih banyak pori-pori dibandingkan dengan penekanan 25 kN. Ditunjukkan pada gambar 6 (c) dengan pembesaran 500x, terlihat volume porositas yang timbul berangsur-angsur semakin rapat.



Gambar 6. Hasil pengamatan porositas menggunakan SEM perbesaran 500x pada spesimen (a) 20kN, (b) 25 kN, dan (c) 30 kN

Melalui hasil pengamatan menggunakan SEM pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa semakin meningkatnya lama waktu penekan yang diberikan, semakin kecil pula nilai porositas yang terdapat pada specimen pada setiap lama waktu penahanan 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Porositas yang terjadi dimungkinkan karena adanya oksigen yang terperangkap didalam komposit pada saat pembuatan material komposit. Hal ini juga disebabkan karena saat tahapan metalurgi serbuk terdapat kemungkinan adanya gas yang terjebak diantara partikel serbuk pembentuk komposit.

4. KESIMPULAN

Data dari hasil penelitian pengaruh variasi gaya tekan dan lama waktu penekanan pada Aluminium matrik komposit berpenguat SiCw/Al₂O₃ dengan *wetting agent* Mg terhadap porositas, densitas, kekerasan dan keausan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Efek variasi gaya tekan terhadap densitas menunjukkan bahwa nilai densitas yang tertinggi pada komposit dengan penekan 25 kN sebesar 2,982 gr/cm³ waktu 45 menit. Sedangkan Porositas terendah pada 25 kN sebesar 13,074% waktu 45 menit. Densitas berbanding terbalik dengan nilai porositas.
2. Pengaruh variasi gaya tekan dan waktu penekanan terhadap kekerasan serta keausan menunjukkan kekerasan yang tertinggi yaitu sebesar 53,455 kg/mm² pada gaya tekan 30 kN lama penekanan 45 menit, nilai keausan tertinggi 2,957E-05 gr.
3. Hasil pengamatan SEM terlihat jelas porositas yang paling banyak terjadi pada gaya tekan 20 kN, dan terlihat pula partikel penguat kurang terdistribusi merata. Pada tekan 25 kN terjadi pori-pori yang paling sedikit, selanjutnya pori lebih banyak terbentuk pada tekan 30 kN, namun tidak lebih banyak dari penekanan 20 kN yang terlihat pada Gambar 6 (a), (b), dan (c).

4. Komposit dari matrik Aluminium berpenguat SiCw/Al₂O₃ dengan *wetting agent* Mg dapat dibuat pada perlakuan gaya tekan 25 kN dengan waktu tahan 15 menit karena laju keausan paling rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Udayana, Kepala Laboratorium Metalurgi dan Laboratorium Proses Produksi serta Laboratorium Fenomena Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kepala Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi (ITN) Malang dan Kepala Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang atas fasilitas penelitian dan bimbingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-C134-95, 2016, Standard test methods for size, dimensional measurements, and bulk density of refractory brick and insulating firebrick.
- ASTM-C373-88, 2006, Standard test method for water absorption, bulk density, apparent porosity, and apparent specific gravity of fired whiteware products.
- Bayuseno A.P., Chamdani, N.A., 2011, Adc 12 sebagai material sepatu rem menggunakan pengecoran high pressure die casting dengan variasi temperatur penuangan, *Jurnal Teknik Mesin*, 13, 17–23.
- Choudhary O.P., Priyanka., 2017, Scanning electron microscope: advantages and disadvantages in imaging components, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1877–1882.
- Ferdian P., Suarsana K., Putri K.I., 2018, Pengaruh variasi komposisi komposit matrik aluminium berpenguat Sicw / Al₂O₃ dengan wetting agent terhadap densitas, porositas dan kekerasan, *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 7(1), 7–12.
- Grigoriev S.N., Fedorov S.V., Hamdy K., 2019, Materials, properties, manufacturing methods and cutting performance of innovative ceramic cutting tools – a review, *Manufacturing Review*, 6, 19.
- Milak P.C., Minatto F.D., De Noni A., Montedo O.R.K., 2015, Wear performance of alumina-based ceramics - a review of the influence of microstructure on erosive wear, *Ceramica*, 61(357), 88–103.
- Prasetyo R., Suarsana K., Santhiarsa N., 2018, Pengaruh variasi gaya tekan pada komposit Al / (SiC / alumina / magnesium) terhadap konduktivitas termal dan keausan, *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 7(2), 143–148.
- Ronald, G., 1994, *Principles of composite material mechanics*, McGraw-Hill.
- Setiawan P.H., Suarsana K., Santhiarsa N., 2018, Efek komposisi komposit matrik aluminium dengan penguat silikon carbida whisker dan alumina terhadap sifat kekerasan, *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 7(2), 126–129.
- Suarsana, K., 2017, Pemanfaatan serat silicon carbon dan partikel alumina pada matrik aluminium untuk meningkatkan sifat mekanis material komposit, *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 9(2), 193–198.
- Sukma H., Prasetyani R., Rahmalina D., Imanuddin R., 2015, Peran penguat partikel alumina dan silikon karbida terhadap kekerasan material komposit matriks aluminium, In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, 1–13.
- Sulardjaka, Saefi, 2015, Karakteristik laju keausan komposit AlSiTiB / SiC dan AlSiMgTiB / SiC, In *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, 7–8.
- Suprpto L., Suarsana K., Santhiarsa, N., 2017, Efek komposisi dan perlakuan sintering pada komposit Al/(SiCw+Al₂O₃) terhadap sifat fisik dan keausan, *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 124–131.
- Widiarta W., Nugraha P., Rihendra D., 2018, Pengaruh orientasi serat terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serat alam batang kulit waru (*hibiscus tiliaceust*) dengan matrik poliyester, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(1), 41.
- Widyastuti, Priadi D., Siradj E., 2008, Compactibility of Al / Al₂O₃ isotropic composite with variation of holding time sintering, *Makara, Science*, 12(November), 113–119.
- Zainuri M., Siradj E.S., Priadi D., Zulfia A., Darminto, 2008, Pengaruh pelapisan permukaan partikel Sic dengan oksida metal terhadap modulus elastisitas komposit Al / SiC, *Makara, Science*, 12(2), 126–133.