

EKSPERIMEN VARIASI UKURAN BUTIR DAN TEKANAN KOMPAKSI CAMPURAN Al-Si TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS METODE METALURGI

Agung Supriyanto¹, Stanislaus Aprilla Krisna², Muh. Vendy Hermawan³

^{1,2}Program Studi Diploma Tiga Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

³Program Studi S1 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

*Email: agungtm@sttw.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi ukuran butiran serbuk dan tekanan kompaksi pada aluminium paduan silikon berbahan dasar serbuk kaca yang dicetak menggunakan cetakan (moulding) dengan proses metalurgi serbuk terhadap densitas dan porositas. Material yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari serbuk aluminium 70% dan serbuk kaca 30% menggunakan variasi ukuran butiran serbuk 150, 200, 250 mesh. Serbuk aluminium dan serbuk kaca dicampur selama 10 menit, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan kompaksi pada suhu ruang dengan variasi tekanan 2000, 2500, 3000 psi sehingga menjadi green body. Green body ini dilakukan proses pemanasan (sinter) pada suhu 500°C selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas tertinggi sebesar 2,5 g/cm³ pada sampel menggunakan variasi ukuran serbuk 250 mesh dengan penekanan 3000 psi dan nilai densitas terendah sebesar 2,08 g/cm³ pada sampel menggunakan ukuran serbuk 150 mesh dengan penekanan 2000 psi. Hasil uji porositas menunjukkan nilai tertinggi sebesar 22,26% pada sampel menggunakan variasi ukuran butiran serbuk 150 mesh dan penekanan 2000 psi dan nilai porositas terendah sebesar 5,89% pada sampel menggunakan variasi ukuran serbuk 250 mesh dengan penekanan 3000 psi.

Kata kunci: metalurgi serbuk, densitas, porositas, aluminium, silikon.

ABSTRACT

This study aims to determine the variation of powder grain size and compaction pressure on aluminum-silicon alloys made from glass powder, molded using a powder metallurgical process with respect to density and porosity. The material used in this study was made from 70% aluminum powder and 30% glass powder using variations in powder grain sizes of 150, 200, and 250 mesh. Aluminum powder and glass powder were mixed for 10 minutes, then put into a mold and compacted at room temperature with pressure variations of 2000, 2500, and 3000 psi to become a green body. This green body was heated (sintered) at a temperature of 500 °C for 30 minutes. The results showed the highest density value of 2.5 g/cm³ in the sample using a powder size variation of 250 mesh with an emphasis of 3000 psi and the lowest density value of 2.08 g/cm³ in the sample using a powder size of 150 mesh with an emphasis of 2000 psi. The results of the porosity test showed the highest value of 22.26% in the sample using a variation of powder grain size of 150 mesh and compression of 2000 psi and the lowest porosity value of 5.89% in the sample using a variation of powder size of 250 mesh with an emphasis of 3000 psi.

Keywords: Loading, Sensor, Fiber Bragg Grating (FBG), Wavelength, and Deflection,

1. PENDAHULUAN

Metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) merupakan teknologi pengerjaan logam di mana *part* atau komponen diproduksi dari serbuk logam. Proses pengerjaannya yakni serbuk logam ditekan menjadi bentuk yang diinginkan (dikenal dengan istilah *pressing*). Selanjutnya serbuk yang tertekan tersebut dipanaskan supaya saling mengikat dan menjadi *rigid* (dikenal dengan istilah *sintering*).

Material komposit dengan material dasar pembentuk berupa matrik dan penguat berbentuk serbuk, termasuk golongan komposit isotropik dimana semua arah penguat (*reinforce*) mempunyai besar yang sama. Komposit merupakan salah satu bahan alternatif yang banyak digunakan untuk menggantikan bahan-bahan konvensional yang dari segi kuantitas dan kualitasnya semakin menurun. Salah satu dari bahan konvensional tersebut adalah aluminium (Al), yang selama ini dikenal sebagai bahan yang mempunyai sifat fisika ringan, plastis, dan tahan terhadap korosi dengan memanfaatkan sistem proses pembuatan komposit serbuk metalurgi (*composite of powder metallurgy*).

Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites, MMC's*) dengan matrik aluminium dan penguat SiC berbasis serbuk atau juga dikenal dengan komposit isotropik Al atau SiC merupakan material yang berperan potensial dengan aplikasi serta pengembangan yang luas. Komposit ini mempunyai keunggulan dalam kekuatan dan ketahanan terhadap aus. Komposit ini juga banyak digunakan sebagai material dasar komponen produk otomotif seperti *gear*, piston, *disc brake* (rem cakram) dan komponen produk otomotif lainnya.

Aluminium merupakan material mineral yang melimpah di permukaan bumi, yaitu sekitar 7,6 %. Dengan jumlah sebesar itu, aluminium merupakan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon, serta merupakan unsur logam yang paling melimpah.

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) merupakan paduan yang banyak dimanfaatkan dalam proses pengecoran karena memiliki sifat-sifat unggul, di antaranya berdimensi stabil pada temperatur tinggi, tahan korsi, dan relatif ringan. SiC merupakan material abrasif yang banyak tersedia di pasaran atau dapat juga disintesa di laboratorium dengan mereaksikan SiO₂ dari abu sekam padi dan sumber karbon (C) dari arang batok kelapa atau glukosa dari gula melalui pembakaran suhu tinggi di dalam tungku pada kondisi reduksi atau terisolir dari udara untuk menghindari oksidasi [1].

Limbah aluminium banyak di temui di tempat pembuangan akhir sampah dalam bentuk botol minuman kaleng atau lembaran pembungkus makanan. Limbah ini biasa di pungut oleh para pemulung. Aluminium dalam penelitian ini adalah sebagai matrik, sedangkan pengisinya adalah silikon. Silikon didapat dari limbah serbuk kaca[2], melakukan penelitian tentang kandungan unsur dalam limbah kaca adalah SiO₂ 97,0080%, Al₂O₃ 0,1273%, Fe₂O₃ 0,00026%, dan Cao 0,1084%.

Menurut [3] melakukan penelitian dengan menggunakan bahan baku dari serbuk tembaga, aluminium dan paduan keduanya sebagai bahan bakunya. Proses kompaksi menggunakan mesin cetak hidrolik yang berkemampuan tekan 6 ton, hasil cetak roda gigi yang dilakukan dari bahan serbuk tembaga, selanjutnya dilakukan proses sintering dengan temperatur 868°C dan waktu penahanan 1 jam sebelum dilakukan uji kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Brinell* dengan beban 6,25 kg dan diameter indentor sebesar 2,5 mm dengan menggunakan mesin uji kekerasan gnehm horgen beserta perlengkapannya. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan terjadi pada roda gigi dari bahan serbuk tembaga 75% dan 25% aluminium.

Menurut [4] melakukan penelitian proses metalurgi serbuk adalah proses pembuatan produk dengan menggunakan bahan dasar Serbuk besi yang didapat dari gram sisa proses produks yang kemudian dikompaksi dan disinter. Penelitian ini membahas tentang pengaruh tekanan kompaksi dan waktu penahanan selama proses sintering terhadap sifat mekanik material campuran serbuk besi dan zat arang pada metalurgi

serbuk. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk besi dengan ukuran partikel 150 mesh yang dicampur dengan serbuk silikon dengan partikel 466 nano. Serbuk besi ini dikompaksi dengan tekanan 40, 45, dan 50 kN kemudian disinter pada temperatur 1000°C dengan waktu penahanan 30, 60 dan 90 menit. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan pemadatan (kompaksi) maka semakin tinggi pula kekerasannya. Tekanan pemadatan menginduksi deformasi plastis lokal pada permukaan intergranular partikel sehingga meningkatkan permukaan kontak intergranular. Semakin lama waktu penahanan dan semakin tinggi suhu sintering menyebabkan nilai kekerasan semakin meningkat. Karena memberikan waktu bagi partikel untuk saling berikatan sehingga ikatan antar serbuk lebih kuat

2. BAHAN DAN METODE

Bahan utama pada penelitian ini adalah serbuk aluminium dan serbuk silikon dengan perbandingan 70% aluminium dan 30% silikon. Kedua bahan tersebut di variasi dengan ukuran 150, 200, dan 300 mesh. Untuk mengurangi gesekan antar butiran pada saat kompaksi di tambahkan asam stearat.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari mesin pres hidrolik, furnace, cetakan (*mold*), saringan ukuran 150, 200, dan 250 mesh, wadah pencampur, mesin mixer, timbangan digital, dan tabung reaksi.

Penelitian dimulai dengan pengamatan akan potensi daur ulang limbah kaca untuk digunakan sebagai material baru. Hal ini juga dilakukan studi literatur dengan melihat referensi dari berbagai jurnal yang sudah terbit. Dari berbagai jurnal menyatakan bahwa perlu adanya pengolahan limbah kaca. Langkah berikutnya adalah menyusun perencanaan penelitian berupa menentukan variabel bebas dan variabel terikat penelitian. Pada penelitian ini variabel terikat adalah densitas dan porositas. Sedangkan variabel bebas adalah tekanan kompaksi dengan tiga level yaitu 2000, 2500, dan 3000 psi, komposisi aluminium dan silikon dengan satu level yaitu 70% Al : 30% Si, suhu sintering dengan satu level sebesar 500°C , serta ukuran butiran aluminium dan silikon sebesar 150, 200, dan 250 mesh. Tahap selanjutnya adalah pembuatan benda kerja atau sampel dengan langkah serbuk aluminium dan silikon serta asam stearat yang telah ditimbang sesuai dengan ukuran komposisi dicampur menggunakan mesin *mixer* selama 10 menit agar terjadi campuran yang homogen. Campuran tersebut kemudian dimasukkan kedalam cetakan (*mold*) untuk dilakukan pemadatan sebagai proses kompaksi menggunakan mesin pres hidrolik dengan variasi tekanan 2000, 2500 dan 3000 psi. Tiap variasi kompaksi ditahan selama 30 menit agar campuran benar-benar padat untuk mengurangi porositas. Dari hasil kompaksi ini dihasilkan material setengah jadi (*green body*) yang siap untuk dilakukan proses sintering. Proses sintering bertujuan agar terbentuk ikatan molekul antara unsur aluminium dan silikon. Suhu sintering ditetapkan sebesar 500°C dan ditahan selama 30 menit kemudian suhu furnace diturunkan hingga suhu ruang. Pada penelitian ini tiap variasi parameter penelitian dibuat satu sampel.

Setelah sampel jadi, maka dilakukan pengujian berupa pengujian densitas dan porositas. Pengujian densitas dengan melakukan pengukuran volume dan massa. Material komposit terdiri dari matrik sebagai material utama yang memberikan bentuk dan pengikat material lain pada komposit dan material penguat untuk memberikan penguatan atau sifat tambah pada material utama [5]. Untuk menghitung densitas dilakukan menggunakan hukum Archimedes. Densitas di ukur dengan membandingkan massa sampel dengan volume. Massa diketahui dengan cara menimbang sampel yang kering setelah dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven dengan suhu 100°C ditahan selama 15 menit. Untuk volume sampel di ukur menggunakan gelas ukur berisi air dimana volumenya adalah selisih volumen air awal dengan volume setelah sampel dimasukan ke dalam gelas ukur. Pada saat itu juga dilakukan pengukuran massa dengan

cara ditimbang dan membandingkan massa gelas ukur berisi air saat awal tanpa sampel dengan massa dengan sampel. Massa ini diberi notasi sebagai massa basah. Untuk menghitung nilai densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$\rho_m \frac{m_s}{m_s - m_g} \times \rho_{H_2O} \dots \dots \dots 1$$

Dimana :

ρ_m = densitas aktual (gr/cm³)

m_s = massa sampel kering (gr)

m_g = massa sampel basah dalam air (gr)

ρ_{H_2O} = massa jenis air = 1 gr/cm³

Pengujian porositas dilakukan dengan membandingkan densitas aktual dengan densitas teoritis dengan rumus sebagai [6]

$$P = \frac{\rho_{th} - \rho_m}{\rho_{th}} \times 100\% \dots \dots \dots 2$$

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si} \dots \dots \dots 3$$

Dimana :

ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)

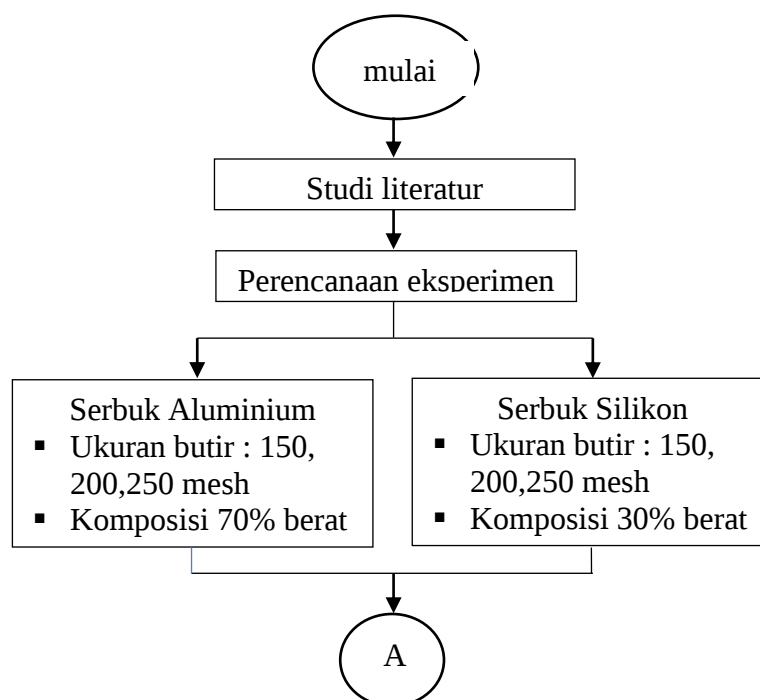
ρ_{Al} : densitas Aluminium (gram/cm³)

ρ_{Si} : densitas Silikon (gram/cm³)

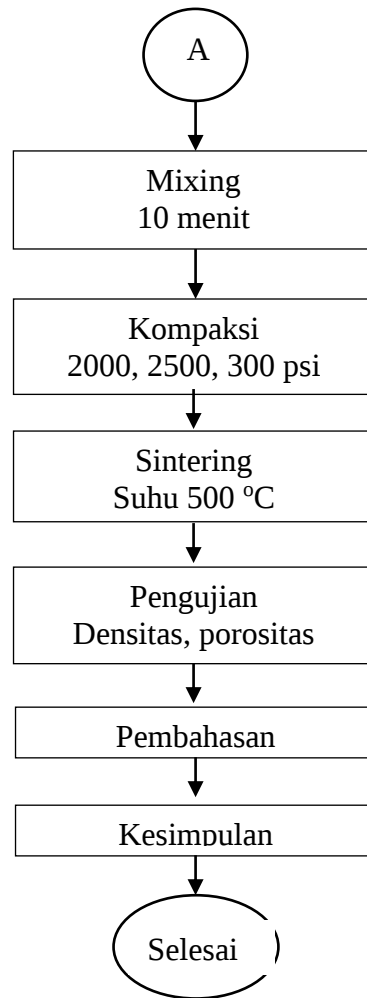
V_{Al} : fraksi massa Aluminium (gram)

V_{Si} : fraksi massa Silikon (gram)

Dalam penelitian ini, spesimen yang dibuat terdiri dari 2 bahan baku, yaitu: serbuk aluminium, serbuk silika yang berasal dari limbah kaca yang berfungsi sebagai penguat. Diagram alir penelitian maka dibuat *flowchart* sebagai gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Lanjutan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji densitas

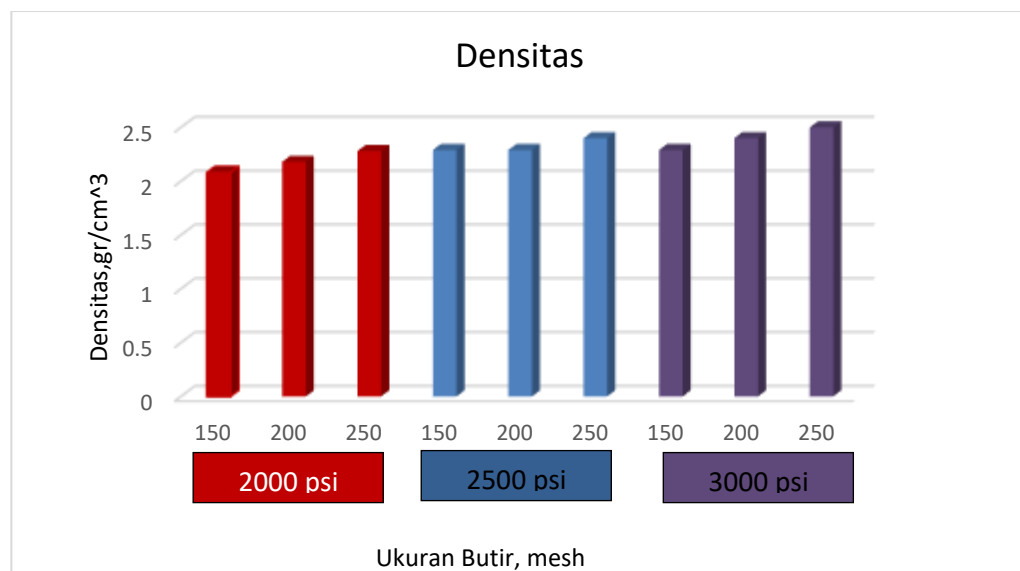
Densitas menunjukkan tingkat kepadatan material, dalam arti makin padat material maka makin tinggi densitasnya, demikian juga sebaliknya. Pengukuran densitas dibedakan menjadi dua macam, yaitu *bulk density* dan *true density*. Bulk density pada benda beraturan dilakukan dengan pengukuran berat dan volumenya. Data hasil pengukuran densitas terlihat pada tabel 1 berikut ini. Pengukuran densitas ini dilakukan pada saat setelah dilakukan proses sintering dengan suhu sintering sebesar 500°C dengan waktu penahanan 30 menit.

Tabel 1. Densitas material

No Sampel	Tekanan Kompaksi	Ukuran Butir Mesh	Densitas (g/cm ³)
1	2000	150	2.08
2	2000	200	2.18
3	2000	250	2.28
4	2500	150	2.29
5	2500	200	2.29
6	2500	250	2.4
7	3000	150	2.29
8	3000	200	2.4
9	3000	250	2.5

Dari tabel 1 diatas, dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi, maka densitas semakin tinggi. Kompaksi merupakan proses pemampatan serbuk menjadi *green compact* [7]. Pada proses kompaksi, terjadi deformasi elastis pada serbuk yang saling bersentuhan dan menyebabkan partikel dapat bergeser melewati partikel yang lainnya dan terjadi penyusunan partikel [8]. Peningkatan densitas sebanding dengan peningkatan tekanan kompaksi. Jika tekanan yang diberikan semakin tinggi maka akan diperoleh bentuk yang lebih padat [9].

Berdasarkan hasil pengukuran ini didapat nilai densitas tertinggi sebesar 2,5 gr/cm³ pada sampel dengan variasi tekanan kompaksi 3000 psi dan ukuran butir 250 mesh. Sedangkan densitas terendah sebesar 2,18 gr/cm³ dari variasi tekanan kompaksi 2000 psi dan ukuran butir 200 mesh. Grafik densitas terlihat pada gambar 2 berikut ini.

**Gambar 3.** Pengukuran densitas dengan variasi tekanan kompaksi

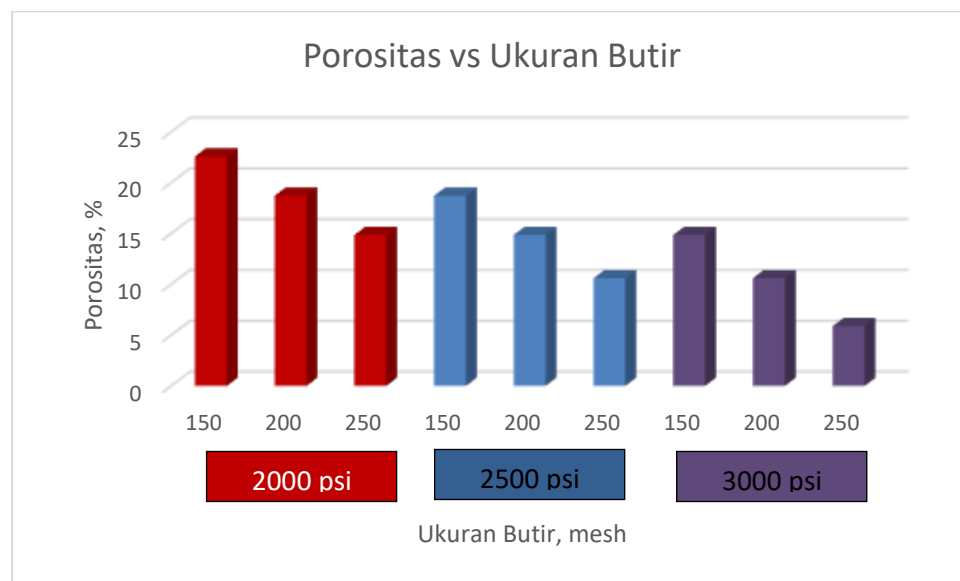
Dari hasil pengukuran densitas terhadap variasi ukuran butir memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran butir maka semakin tinggi densitasnya sebagaimana terlihat pada gambar 3. Hal ini terjadi dengan semakin kecil ukuran butir maka jarak antar partikel menjadi semakin rapat sehingga rongga antar partikel semakin kecil.

Uji Porositas

Porositas mengindikasikan adanya kekosongan pada material setelah proses sintering [7]. Nilai porositas. Hasil pengukuran porositas terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Porositas material

No Sampel	Tekanan Kompaksi	Ukuran butir Mesh	Porositas (%)
1	2000	150	22.6
2	2000	200	18.72
3	2000	250	14.86
4	2500	150	18.72
5	2500	200	14.86
6	2500	250	10.6
7	3000	150	14.86
8	3000	200	10.6
9	3000	250	5.89



Gambar 4. Nilai porositas material

Dari hasil pengukuran nilai porositas didapat nilai tertinggi sebesar 22,6% dari sampel dengan variasi tekanan kompaksi sebesar 2000 psi dan ukuran butir sebesar 150 mesh. Nilai porositas terendah sebesar 5,89% dari sampel dengan variasi tekanan kompaksi 3000 psi dan ukuran butir 250 mesh. Dari gambar 4 diatas terlihat bahwa nilai porositas semakin kecil ketika tekanan kompaksi dinaikkan. Tekanan kompaksi yang besar menyebabkan jarak antar partikel menjadi semakin rapat sehingga nilai porositas akan semakin kecil. Ukuran butir juga menunjukkan perbedaan porositas. Dari gambar 4 terlihat nilai porositas semakin kecil apabila ukuran butir semakin kecil. Hal ini terjadi karena ruang antar partikel semakin kecil sehingga nilai porositas juga semakin kecil. Nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai densitas [7]. Dari gambar 3 dan 4 diatas terlihat bahwa semakin tinggi nilai densitas, nilai porositas semakin rendah.

4. KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas tertinggi sebesar $2,5 \text{ g/cm}^3$ pada sampel menggunakan variasi ukuran serbuk 250 mesh dengan tekanan kompaksi sebesar 3000 psi dan nilai densitas terendah sebesar $2,08 \text{ g/cm}^3$ pada sampel menggunakan ukuran serbuk 150 mesh dengan tekanan kompaksi 2000 psi.
2. Hasil uji porositas menunjukkan nilai tertinggi sebesar 22,26% pada sampel menggunakan variasi ukuran butiran serbuk 150 mesh dan tekanan kompaksi sebesar 2000 psi dan nilai porositas terendah sebesar 5,89% pada sampel menggunakan variasi ukuran serbuk 150 mesh dengan tekanan kompaksi 3000

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khaerudini, D.S., Tetuko, A.P., dan Mulyadi. 2007. Rekayasa Pembuatan Keramik SiC Serbuk dari Bahan Baku Silika Amorf Limbah Pertanian. Surabaya, 15 Nopember 2007. ISSN1410-5667 Prosiding Seminar Nasional Fundamental & Aplikasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTIITS. (Singh et al., 2002
- [2] Nursyamsi, Ivan Indrawan, Ika Puji Hastuty, 2016, Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako, Media Teknik Sipil, ISSN1693-3095, Medan.
- [3] Abdul Syukur Alfauzi, Adhy Purnomo, Bambang Tjahjono, Hariyanto, Nur sa'adah, 2019, Pembuatan Roda Gigi dari Bahan Serbuk Logam Tembaga dan Alumunium dengan Proses *Kompaksi*. Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 14, No. 3, desember 2019, Semarang
- [4] Ali Saifullah, Murjito Murjito, Daryono Daryono, 2018, Analisa Tekanan Kompaksi Dan Waktu Sintering Terhadap Sifat Mekanik Pada campuran Metalurgi Serbuk Besi (Iron Powder) Dengan Zat Arang (Karbon), Prosiding SENTRA, ISSN 25276050, Vol. 4 Tahun 2018, Malang.
- [5] Ruwaida. Arfina. F, "Sintesis MMCs Cu-Al₂O₃ Melalui Proses Metalurgi Serbuk dengan Variasi Fraksi Volum Al₂O₃ dan Temperatur Sintering," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2010)
- [6] Deri Dagi Wacono, Sulardjaka, Pengaruh Persentase Berat Serbuk Sic Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Dengan Matrik Alsitib Yang Diperkuat Serbuk Sic, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 3, Tahun 2014 Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm>
- [7] Gita Novian Hermana dan Widyastuti, Pengaruh Komposisi Cu dan Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Densitas dan Kekerasan pada Komposit W-Cu untuk Proyektil Peluru dengan Proses Metalurgi Serbuk, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print), Hal. 96-101
- [8] Setyowati. Vuri. A, "Pengaruh Komposisi Sn dan Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Densitas dan Modulus Elastisitas Pada MMC Pb-Sn untuk Core Proyektil Peluru dengan Proses Metalurgi Serbuk," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2012).
- [9] German. R. M, Powder Metallurgy Science. USA : Metal powder Industries Federation (1998)