**PENGARUH UKURAN BUTIR SERBUK Al-Cu TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO METAL MATRIX COMPOSITE Al-Cu+Al2O3**

**I Dewa Made Anumana Pramana Kerthanegara1, M. Agus Sahbana2 & Arief Rizki Fadhillah3**

1Mahasiswa program studi teknik mesin 1, Universitas Widyagama Malang 1

Jl. Taman Borobudur Indah No. 1, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65142

 2Dosen Teknik Mesin 2, Universitas Widyagama Malang 2,

Jl. Taman Borobudur Indah No. 1, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65142

E-mail: arief.rizki.f@widyagama.ac.id

|  |
| --- |
| **Abstrak**Penggunaan aluminium dalam beberapa tahun terakhir sudah banyak diaplikasikan baik dalam dunia otomotif, industri, elektronik, maupun rumah tangga. Karakteristik umum aluminium yang menjadikan material ini sering digunakan diantaranya yaitu ringan, konduktor listrik dan konduktor panas yang baik, serta beberapa kelebihan lain yang dimiliki. Metal matrik komposit dengan Aluminium paduan sebagai matriknya masih harus ditingkatkan dengan menambahkan penguat dalam fabrikasinya. Penguat yang digunakan dalam penelitian ini berupa alumina (Al2O3) dimana dengan menambahkan Al2O3 terhadapa matrik Al-Cu diharapkan sifat-sifat yang terbentuk akan lebih baik daripada material pembentuknya seperti ringan, tangguh, tahan korosi. Penelitian ini terkonsentrasi pada ukuran butir serbuk matrik yang digunakan yaitu sebesar 30, 40, 50, dan 100 dalam mesh kemudian diproses sehingga menghasilkan Metal Matrix Composite Al-Cu+Al2O3 dengan variasi ukuran serbuk 30, 40 , 50, dan 100 mesh kemudian dilakukan proses sintering sehingga terjadi mekanisme penguatan yang diakibatkan karena bentuk ukuran butir yang telah divarasikan. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan Metal Matrix Composite Al-Cu tanpa campuran dengan mesh 30, 40, 50, dan 100 sehingga data yang dihasilkan dalam satuan HRB dengan nilai rata – rata specimen sebagai berikut : mesh 30 = 19,3 HRB, mesh 40 = 20,22 HRB, mesh 50 = 22,28 HRB, dan mesh 100 = 23,96 HRB, dapat di simpulkan bahwa kekerasan tertinggi yaitu mesh 100 dengan kekerasan yang tinggi dan mesh 30 kekerasan yang rendah. penguujian serbuk Al-Cu + Al2O3 campuran dengan mesh 30, 40,50, dan 100 dan data kekerasan dengan nilai rata – rata specimen sebagai berikut : mesh 30 = 18,22 HRB, mesh 40 = 20,8HRB, mesh 50 = 22,21 HRB, dan mesh 100 = 25,38 HRB, dapat di simpulkan bahwa kekerasan tertinggi yaitu mesh 100 dengan kekerasan yang tinggi dan mesh 30 kekerasan yang rendah.**Kata kunci:** Metal Matrik Komposit; Matrik Al-Cu; Penguat Al2O3; Sintering; Ukuran Serbuk (Mesh); Kekerasan (HRB); |
|  |

|  |
| --- |
| ***Abstract****The use of aluminum in recent years has been widely applied in the automotive, industrial, electronics, and household worlds. The general characteristics of aluminum that make this material often used include light weight, good electrical and heat conductors, as well as several other advantages. Metal matrix composites with Aluminum alloy as the matrix still have to be improved by adding reinforcement in their fabrication. The reinforcement used in this study is alumina (Al2O3) where by adding Al2O3 to the Al-Cu matrix it is expected that the properties formed will be better than the forming material such as light, tough, corrosion resistant. This research was concentrated on the grain size of the matrix powder used, namely 30, 40, 50, and 100 in the mesh and then processed to produce Metal Matrix Composite Al-Cu+Al2O3 with variations in powder sizes of 30, 40, 50, and 100 mesh then the sintering process was carried out so that there is a strengthening mechanism caused by the variation of the grain size shape. After that, the Al-Cu MMC hardness test without mixture was carried out with a mesh of 30, 40, 50, and 100 so that the resulting data was in HRB units with the average specimen values ​​as follows: mesh 30 = 19.3 HRB, mesh 40 = 20, 22 HRB, mesh 50 = 22.28 HRB, and mesh 100 = 23.96 HRB, it can be concluded that the highest hardness is mesh 100 with high hardness and mesh 30 with low hardness. testing of mixed Al-Cu + Al2O3 powder with a mesh of 30, 40,50, and 100 and hardness data with the average specimen values ​​as follows: mesh 30 = 18.22 HRB, mesh 40 = 20.8HRB, mesh 50 = 22, 21 HRB, and mesh 100 = 25.38 HRB, it can be concluded that the highest hardness is mesh 100 with high hardness and mesh 30 with low hardness.****Keywords:*** *Composite Metal Matri;, Al-Cu Matrix; Al2O3 Reinforcement; Sintering, Mesh Size; Hardness (HRB);* |

**1. Pendahuluan**

Kemajuan teknologiksaat ini sangatlah berkembang pesat, khususnya di bidang material. Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan bahan meterial agar mempunyai sifat-sifat mekanis seperti kekuatan, kekerasan yang optimal untuk aplikasi tertentu. Penggunaan material yang memiliki bobot ringan mulai dikembangkan sebagai alternatif pengganti logam monolith. Hal ini yang mendorong para peneliti untuk mengembangkan material dan paduan baru untuk menjawab tantangan tersebut. Salah satu material yang dikembangkan adalah material komposit, terutamapmaterial komposit matriks logam dan matriks polimer (Hasan, Zulfia dan Afandi, 2013)..

Jenis paduan Al – Cu pada pembuatan komposit metal dengan aluminium sebagai matrik dan Cu sebagai penguat/ reinforcement menjadikan Metal Matrix Composite dapat diproduksi menjadi bushing dengan tingkat perlakuan yang lebih mudah dibandingankan dengan unsur penguat lainya karena kandungan Cu lebih sering dijumpai pada limbah paduan aluminium seperti bram dan skrap industri (Zafira, 2017). Faktor lainya seperti sifat mekanik, thermal, dan kimiawi pada penguat Cu memberikan ikatan partikel yang lebih baik terhadap matrik aluminium dengan perlakuan dan proses pembuatan yang sesuai (Jhony, 2014). Alumunium memiliki banyak kelebihan dibanding logam lainnya, tetapi dalam pengaplikasian dibidang teknik alumunium masih memiliki kelemahan yaitu sifat mekanik alumunium kurang baik terutama pada kekerasan, titik didih, dan regangan molekul penyusunnya, sehingga membuat alumunium murni tidak dapat dipakai sebagai bahan konstruksi. Alumunium dengan tembaga akan meningkatkan sifat mekanik (Hamzah, 2012).

Material komposit dengan matriks logam atau MMC (Metal Matrix Composite) adalah material baru yang dihasilkan dari bidang material. MMC adalah komposit yang terdiri dari matriks sebagai pengikat yang berupa logam dan unsur lainya seperti Mg, SiC, Cu, Al2O3 sebagai penguat/ reinforcement. Dengan memadukan antara matrik dan penguat maka dihasilkan MMC dengan peningkatan sifat dariyang lebih baik dari material konvensional penyusunya (Nayiroh, 2013).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk terhadap peningkatan sifat mekanis kekerasan dan struktur mikro yang terbentuk dari variasi ukuran serbuk pada Metal Matrix Composite. Oleh karena itu saya membuat judul tentang “Pengaruh Ukuran Butir Serbuk Al-Cu Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Metal Matrix Composite Al-Cu + Al2O3”

Penelitian besi cor nodular telah dilakukan. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini. (Ahmad et al, 2012) dalam penelitiannya pengaruh ukuran partikel alumina (A12O3) bahwa sifat aluminium metal matrix composite dibuat melalui proses P/M dan di padatkan 250 MPa dan disinter dengan suhu 600°C selama 5 jam. Berdasarkan penelitiannya bahwa 10% berat A12O3 pengaruh ukuran partikel alumina pada struktur mikro mendapatkan nilai kepadatan komposit yang disinter berada pada kisaran 2,78gcm sampai 2,84 gcm. Ukuran partikel pada A1203 (0,3 μm, 1,0 μm, 3,0 μm, 12,5 μm, dan 25,0 μm). Struktur mikro komposit diamati dengan menggunakan (SEM) Scanning Electron Mikroskop. Nilai kekerasan pada ukuran partikel penguat terbaik yaitu (0,3 μm) karena nilai kekerasan tertinggi yaitu (70,1Hv). Ukuran parikel terkecil memiliki jumlah penghalang lebih banyak daripada ukuran partikel dengan ukuran besar dengan berat yang sama.

(Suprapto, 2015) Teknologi metalurgi serbuk (Powder Metallurugy) yaitu proses pebentukan benda kerja dari logam. Logam dihancurkan sampai berbentuk serbuk dengan fraksi partikel yang disesuaikan. Proses metalurgi serbuk memliki dampak phenomena mekanik, kimia, dan therrmal dan terjadi secara simultan dan transformasi partikel padat (serbuk) logam menjadi masif (komponen) mempunyai sifat kuat, tahan aus, tangguh dan tidak beracun. Teknologi metalurgi serbuk yaitu produk yang dihasilkan oleh (net shape) atau (near net shape) dengan produk yang jadi dan memiliki sifat – sifat spesifik yang tidak dihasilkan oleh proses manufaktur lainnya. Dan keuntungan lainnya adalah teknologi metalurgi serbuk tidak ada menghasilkan limbah produk dan tidak perlu proses finishing dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan modern.

(Nuruzzaman, 2016) Pada penelitiannya melakukan pengolahan spesimen komposit aluminium – aluminium oksida (A1-A12O3) dengan metode metalurgi serbuk konvensional (P/M) proses pembuatan komposit, serbuk aluminium (aluminium powder) yang digunakan sebagai bahan matiks dan aluminium oksida sebagai penguat. Pada proses pembuatan komposit ada tiga langkah yang harus dilakukan untuk proses pembuatan A1-A12O3 yaitu pencampuran (mixing), pemadatan (compcting), dan sintering. Untuk mendapatkan campuran komposisi homogen yang baik, campuran serbuk logam dan keramik dilakukan agar partikel keramik A12O3 agar terdistribusi secara merata ke dalam matriks aluminium. Cetakan baja berbentuk silinder digunakan untuk mempermudah proses kompaksi dingin serbuk campuran A1-A12O3 dari berbagai komposisi. Serbuk campuran yang dipadatkan dingin pada suhu kamar menggunakan mesin press hidrolik (HIP).

## Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki sifat tahan korosi yang baik. Material ini digunakan dalam bidang yang luas dan tidak hanya untuk keperluan rumah tangga tetapi digunakan juga untuk industri, seperti industri kapal laut, mobil, pesawat terbang dan untuk konstruksi – konstruksi lainnya. Untuk dapat meningkatkan kekuatan mekanik biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur Cu, Si, Mg, Ti, Mn, Cr, Ni dan lain sebagainya.

**Sifat-sifat Aluminium**

Beberapa sifat – sifat aluminium yang lebih unggul dari logam lainnya adalah :

1. Ringan massa jenis aluminium pada suhu kamar 290 C sekitar 2,7gr/cm3
2. Kuat aluminium memiliki daya renggang 8kg/mm3, tetapi daya ini dapat berubah menjadi lebih kuat dua kali lipat jika aluminium tersebut dikenakan proses pencairan atau roling. Aluminium juga lebih kuat jika ditambahkan unsur – unsur lain seperti Mg, Zn, Mn, Si.
3. Ketahanan terhadap korosi aluminium mengalami korosi dengan membentuk lapisan oksida yang tipis dimana sangat keras dan pada lapisan ini dapat mencegah karat pada aluminium yang berada di bawahnya. Dengan demikian logam aluminium adalah logam yang mempunyai daya tahan korosi yang lebih baik dibandingkan denganbesi baja lainnya.
4. Daya hantar listrik yang baik aluminium adalah logam yang paling ekonomis sebagai penghantar listrik karena massa jenisnya lebih kecil dari masa jenis tembaga, dimana kapasitas arus dari aluminium kira – kira dua kali lipat dari tembaga
5. Anti magnetis aluminium adalah logam yang anti magnetis
6. Toksifitas aluminium adalah logam yang tidak beracun dan berbau
7. Kemudahan dalam proses aluminium mempunyai sifat yang baik untuk proses mekanik dari kemampuan perpanjangannya, hal ini dapat dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan aluminium.
8. Sifat dapat dipakai kembali aluminium mempunyai titik lebur yang rendah oleh karena itu kita dapat memperoleh kembali logam aluminium dari scrap.

**Paduan Aluminium**

Pada perkembangan selanjutnya, peningkatan kekuatan aluminium dapat dicapai dengan menambahkan unsur paduan ke dalam aluminium. Unsur paduan itu antara lain Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Silikon (Si), Magnesium (Mg), Seng (Zn), dan lain-lain. Sifat-sifat lain seperti mampu cor dan mampu mesin menjadi semakin baik.

**Klasifikasi Paduan Aluminium**

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan aluminium dibagi menjadi dua yaitu :

1. Paduan aluminium cor (Cast Aluminium Alloys)
2. Paduan aluminium Tempa (Wrough Aluminium Alloys)

**Paduan Aluminuim Cor**

 Struktur mikro paduan aluminium cor (berhubungan erat dengan sifat- sifat mekanisnya) terutama tergantung pada laju pendinginan saat pengecoran dilakukan.

#### Paduan AL-Cu

 Paduan Al-Cu sebenarnya jarang digunakan karena mempunyai titik cair yang jelek, tapi hal ini dapat diperbaharui dengan menambah unsur Si, dikarenakan unsur tersebut sangat bagus pada suhu tinggi.

**Paduan Al-Si, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu**

Paduan Al-Si merupakan paduan aluminium yang paling banyak digunakan dengan kadar Si bervariasi antara 5-20%. Paduan ini tahan terhadap korosi dan memiliki mampu cor baik dan banyak dipakai pada elemen-elemen- mesin.

**Aluminium Oksida (Al2O3)**

Al2O3 atau bisa disebut dengan Aluminium Oksida adalah sebuah senyawa dari aluminium dan oksigen, dan memiliki nama mineral yaitu alumina. Serta memiliki sifat insulator atau sebagai penghambat panas dan listrik yang baik, pada umunnya Al2O3 terdapat dalam bentuk kristalin yang disebut korundum. Aluminium oksida juga bisa digunakan dalam proses pembuatan komposit yang berfungsi sebagai penguat serta sebagai unsurkimia yang menghambat terjadinya proses karat yang ada pada logam yang diakibatkan oleh udara. Dan selain itu aluminium oksida juga berfungsi untuk mengeraskan komposit karena pada dasarnya aluminium oksida ini juga memiliki sifat kekerasan yang tinggi.

**Komposit**

Komposit adalah gabungan material yang terdiri dari beberapa gabungan matrik dan penguat (reinforcement) matrik sebagai bahan dasar dan penguat berupa serat, partikel serbuk, agregat dan lain – lain.

Komposit dapat di kelompokan dan dikategorikan berdasarkan klasifikasi yaitu Berdasarkan matrik penyusunnya

* MMC (Metal Matrix Composite) menggunakan logam sebagai matrik.
* CMC (Ceramic Matrix Composite) menggunakan keramik sebagai matrik.
* PMC (Polymer Matrix Composite) menggunakan polimer sebagai matrik.

Berdasarkan penguatnya komposit dibedakan menjadi

* Penguat jenis serat
* Jenis serat tidak terputus (Continuous Fiber)
* Jenis serat terputus (Discountinuous Fiber)
* Penguat jenis partikel (Particulate Fiber)

**MMC (Metal Matrix Composite)**

Metal Matrix Composite (MMC) adalah material komposit yang proses pembuatannya mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi, daya tahan vibrasi, dan konduktivitas panas baik, contoh; kekakuan, tahan aus, dan stabil pada temperatur tinggi. (Pan et al, 1998). Komposit logam dapat diaplikasikan berbagai komponen mesin yaitu, sudut – sudut gas turbin (turbin blade), penukar panas (heat exchanger), dapur temperatur tinggi (furnace), kemasan elektronik (packaging), velg, housing disc brake, mesin roket, piston, struktur pesawat terbang. Beberapa contoh aplikasi material (MMC).

**Metalurgi Serbuk**

Metalurgi serbuk adalah metode yang terus dikembangkan dari proses manufaktur untuk mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk secara bersamaan dan dikompaksi dalam cetakan dan disinter didalam furnace (tungku pemanas) sehingga menghasilkan produk dengan sifat –sifat yang lebih baik daripada material penyusunya.

**Sintering**

Sintering yaitu terjadinya ikatan antar partikel serbuk pada temperatur tinggi. Proses sinter adalah memanaskan benda hasil kompaksi (green body) pada temperatur tertentu biasanya 80% dari titik lebur (solid state sintering).

**Kekerasan**

Salah satu sifat mekanik yang dimiliki suatu material yaitu kekerasan. Kekerasan yang menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen.

**2. Metodologi**

Metode yang digunakan didalam penelitian ini adalah metode eksperimental nyata. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian ini dilakukan di lab. metalurgi Universitas Widyagama Malang. Penelitian eksperimental adalah penelitian dilakukan terhadap variabel yang data – datanya belum ada maka perlu dilakukan proses pembuatan dan pengambilan data melalui treatment/perlakuan terhadap subjek penelitian yang diamati/diukur dampakya (data yang akan datang).

**Flowchart Penelitian**

****

Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Dengan variabel bebas penelitian adalah berupa variasi ukuran butir serbuk dengan mesh 30, 40, 50, 100, untuk mengetahui perubahan sifat mekanis yang diinginkan. sedangkan variabel terikat meliputi pengujian kekerasan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* dan Pengujijan Struktur Mikro.

**Metode Penelitian**

****

Gambar 3.14 Diagram Alir Metode Penelitian

**3. Hasil dan pembahasan**

Dari pengujian yang suda di lakakukan terhadap masing-masing setiap spesimen, didapatkan rata-rata data pengujian dan Data tersebut kemudian dijadikan diagram sebagaimana tampak pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan analisis mikrostruktur dengan hasil sebagaimana tampak pada Gambar .

**Gambar 1.** Grafik Al-Cu

Dari data hasil uji kekerasan diatas terhadap specimen Al-Cu dapat menunjukan data pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan (Rockwell Hardness Tester) dengan satuan HRB (Hardness Rockwell Ball). Serbuk Al-Cu tanpa campuran dengan mesh 30 menghasilkan kekesaran sebesar 19,30 HRB, mesh 40 menghasilkan kekesaran sebesar 20,72 HRB, mesh 50 menghasilkan kekesaran sebesar 22,28 HRB, dan mesh 100 menghasilkan kekesaran sebesar 23,96 HRB.

**Gambar 2.** Grafik Kekerasan Al-Cu + Al2O3

Dari data hasil uji kekerasan diatas terhadap specimen Al-Cu + Al2O3 dapat menunjukan data pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan (Rockwell Hardness Tester) dengan satuan HRB (Hardness Rockwell Ball). Serbuk Al-Cu + Al2O3 campuran dengan mesh 30 menghasilkan kekerasan sebesar 20,22 HRB, mesh 40 menghasilkan kekerasan sebesar 21,68 HRB, mesh 50 menghasilkan kekerasan sebesar 23,22 HRB, dan mesh 100 menghasilkan kekerasan sebesar 25,38 HRB.

Untuk menentukan mesh digunakan alat sieve machine alat berupa penyaringan berlapis dan adanya nilai mesh pada saringan ini. Semakin kecil ukuran mesh maka butiran serbuk al-Cu + Al2O3 maka hasil ukuran butirnya besar, sedangkan ukuran mesh paling besar maka ukuran butirannya lebih kecil. Mesh 30 memiliki ukuran butir yang besar dan di campurkan dengan Al2O3 sehingga kerapatan antara butir satu dengan yang lainnya mengikat tetapi tidak rapat, sedangkan pada mesh 40 memiliki ukuran butir yang sedang dan di campurkan dengan Al2O3 sehingga kerapatan antara butir satu dengan yang lainnya mengikat tetapi rapat, pada mesh 50 memiliki ukuran butir yang kecil dan di campurkan Al2O3 sehingga kerapatan antara butir satu dengan yang lainnya mengikat rapat, sedangkan pada mesh 100 memiliki ukuran butir lebih kecil dan di campurkan dengan Al2O3 sehingg kerapatan antara butir satu dengan lainnya lebih mengikat rapat maka dari itu kekerasan pada mesh 100 meningkat sedang mesh 30 memiliki kekerasan terendah.

**Analisa Struktur Mikro Metal Matrix Composite Al-Cu + Al2O3 dengan Variasi Ukuran Serbuk Al-Cu**

Porositas

Porositas



Al-Cu

Al2O3

Al-Cu

Gambar 3. Struktur mikro Al-Cu dan Al2O3

Dari beberapa specimen Al-Cu dan Al-Cu +Al2O3 dengan mesh 30,40,50, dan 100 maka terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan. Dan specimen tanpa campuran dengan kekerasan yang tinggi yaitu pada mesh 100 dengan kekerasan yaitu 23,96 dan yang terendah yaitu pada mesh 30 dengan kekerasan 19,3 sedangkan specimen campuran Al-Cu + Al2O3 dengan mesh 30, 40, 50, dan 100 memiliki kekerasan pada mesh 100 dengan kekerasan 25,38 dan kekerasan paling rendah terdapat pada mesh 30 dengan kekerasan 18,22. Dan juga dapat dilihat struktur mikro yang terjadi pada specimen Al-Cu dan Al-Cu+Al2O3 maka terdapat perbedaan pada struktur mikro terdapat perbedaan yang signifikan antara Al-Cu tanpa campuran dengan Al-Cu+Al2O3 yang menggunakan campuran, setiap specimen memiliki porositas yang berbeda-beda dari mesh 30,40,50,100 Al-Cu dan Al-Cu+Al2O3 pada mesh 30 Al-Cu memiliki porositas 14,5 % dan pada metal matrix composite mesh 30 memiliki porositas 14,5%, pada mesh 40 Al-Cu memiliki porositas 14,25 % dan pada metal matrix composite mesh 40 memiliki porositas 14% , pada mesh 50 Al-Cu memiliki porositas 13% dan pada metal matrix composite mesh 50 memiliki porositas 12,5%, pada mesh 100 Al-Cu memiliki porositas 8,25% dan pada metal matrix composite mesh 100 memiliki porositas 8%.

**4. Kesimpulan**

Pengaruh pada Al-Cu +Al2O3 yang digunakan dalam perbandingan matrik dan penguat pada pembuatan Metal Matrix Composite memberikan dampak peningkatan mekanis pada kekerasan specimen metal matrix composite.mKekerasanmAl-Cu+Al2O3m pada mesh 30 menghasilkan kekerasan sebesar 18,22 HRB, mesh 40 menghasilkan kekerasan sebesar 20,8 HRB, mesh 50 menghasilkan kekerasan sebesar 22,21 HRB, dan mesh 100 menghasilkan kekerasan sebesar 25,38 HRB dapat di simpulkan bahwa kekerasan tertinggi yaitu mesh 100 dan kekerasan yang rendah pada mesh 30.

Dari hasil pengujian struktur mikro terhadap specimen Al-Cu+Al2O3 dengan mesh 30, 40, 50, dan 100, maka diperoleh hasil pengamatan dari mikroskop maka masing-masing specimen memiliki porositas yang berbeda. Pada mesh 30 memiliki porositas 14,5% dan mesh 40 memiliki porositas 14,%, pada mesh 50 memiliki porositas 12,5% dan mesh 100 memiliki porositas 8%. Karena Al2O3 membantu mengikat butir lebih rapat.

**Daftar Pustaka**

[1] Ahmad, K. R. et al. (2012) ‘The Influence of Alumina Particle Size on Sintered Density and Hardness of Discontinuous Reinforced Aluminum Metal Matrix Composite’, The Influence Of Alumina Particle Size On Sintered Density And Hardness Of Discontinuous Reinforced Aluminum Metal Matrix Composite, 42 (1), pp. 49–57. doi: 10.11113/jt.v42.732

[2] Amstead, B. H., Begeman, M. L. and Ostwald, P. F. (1987) Manufacturing processes. Wiley.

[3] Bayu Odana (2019) ‘Pengaruh Ukuran Besar Butiran Alumunium (Al- Si) Mesh 50, 60, 100 Terhadap Tingkat Kekerasan, Keausan, Dan Koefisien Gesek Kampas Rem’.

[4] Chou, M.-I. M. (2012) Fly Ash fly ash, Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. doi: 10.1007/978-1-4419-0851-3\_121.

[5] Evtugyn, G. (2014) ‘Introduction and Overview of History’, pp. 1–20. doi: 10.1007/978-3-642-40241-8\_1.

[6] German, R. M. (2005) Powder metallurgy and particulate materials processing: the processes, materials, products, properties and applications. Metal powder industries federation Princeton.

[7] Hamzah (2012) ‘Studi Sifat Fisis, Mekanis dan Konduktivitas Termal Komposit Clay/Alumina Untuk Aplikasi Fire Brick’.

[8] Jiang, J. et al. (2019) ‘Effects of sintering atmosphere on the densification and microstructure of yttrium aluminum garnet fibers prepared by sol-gel process’, Journal of the European Ceramic Society, 39(16), pp. 5332–5337. doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2019.08.033.

[9] Nayiroh, N. (2013) ‘Teknologi material komposit’, Yogyakarta. Ebaltadiaksesdari www. ebalta. de/rs/datasheet/en.

[10] Nuruzzaman, D. M. and Kamaruzaman, F. F. B. (2016) ‘Processing and mechanical properties of aluminium-silicon carbide metal matrix composites’, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 114(1). doi: 10.1088/1757-899X/114/1/012123.

[11] Paiman Jhony (2014) ‘Logam Cu-10 % Wtsn Dengan Analysis Of The Effect Of Sintering Temperature And Holding Time On Inter-Face Bonding For Metal Matrix Composites ( Mmcs ) Cu-10 % Wtsn Made By’.

[12] Pan, J. et al. (1998) ‘Fabrication and characterization of SiC/MoSi2 composites’, Materials Science and Engineering: A. Elsevier, 244(2), pp. 191–198.

[13] Ramadhonal, S. (2010) ‘Pembuatan Komposit Matriks Logam Berpenguat Keramik ( Al / Sic ) Dicampur Kayu Program Studi Fisika’.

[14] Suprapto, I. W. L., Suarsana, K. and 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), pp. 36–43. doi: 10.24912/jmstkik.v1i1.423.

[15] Widodo, B. and Subardi, A. (2019) ‘Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite ( Amc ) Berpenguat Partikel Silikon Karbida ( SiC ) dan Alumina (AL2O3)’, pp. 295–303.