



Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Distribusi Partikel Penguat pada Komposit Al-Al₂O₃ dengan Metoda Stir Casting

Yeni M. Zulaida^{1*}, M. Ero Cahyonugroho¹, Tiara Triana¹

¹Jurusan Teknik Metalurgi, Jl Jenderal Sudirman KM 3,5 Cilegon, Banten, Indonesia

*Email Penulis: yeni_m_zulaida@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 10/03/2019
Naskah Direvisi 28/03/2019
Naskah Disetujui 29/03/2019
Naskah Online 29/03/2019

ABSTRAK

Komposit bermatrik aluminium memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik dibandingkan dengan paduan aluminium tanpa penguat. Salah satu metode untuk membuat komposit adalah dengan metode *stir casting*. Komposit bermatrik aluminium diperkuat dengan partikel Al₂O₃ ukuran mikro dan nano digunakan pada aplikasi dengan performa tinggi, misalnya pada piringan rem (*disc brakes*) dan batang penghubung (*connecting rods*) padaomotif. Dalam penelitian ini, dalam rangka meningkatkan nilai kekerasan dan distribusi partikel penguat dalam komposit dengan metode *stir casting*, penggunaan persen berat Al₂O₃ dan kecepatan putar pengadukan divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai yang ingin dicari. Uji kekerasan *brinell* dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada komposit yang telah divariasikan persen berat Al₂O₃ (5%, 10%, dan 15%) dan kecepatan putar pengadukannya (600 rpm, 800 rpm, dan 1000 rpm). Pengujian metalografi menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) untuk mendapatkan detail gambar struktur mikro komposit, hasil gambar struktur mikro lalu diolah menggunakan *software "ImageJ"* untuk mengetahui distribusi partikel. Distribusi partikel dikaitkan dengan nilai persentase area terhitung partikel penguat dan jumlah partikel terhadap ukuran partikel yang ada pada masing-masing komposit. Pengujian analisis kimia dilakukan dengan menggunakan *x-ray diffraction* (XRD) dan *energy dispersive spectroscopy* (EDS). Penggunaan XRD dilakukan untuk mengetahui keberadaan unsur Al karena sebagai material matrik, dan Al₂O₃ karena sebagai material penguat. Sedangkan penggunaan EDS dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat pada komposit.

Kata kunci: Komposit Aluminium, Matriks Logam, Stir Casting, Penguat Al₂O₃

1. PENDAHULUAN

Komposit adalah produk hasil proses kombinasi antara dua atau lebih material yang mana sifat masing-masing material berbeda berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia. Dengan mengkombinasikan dua atau lebih material yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda akan menghasilkan sifat yang lebih baik daripada sifat dari masing-masing komponen penyusunnya. Komposit tersusun dari matrik dan penguat. Matrik merupakan logam inti (*base metal*) yang berfungsi sebagai material yang menyalurkan beban yang diterima komposit kepada penguat. Penguat berfungsi sebagai material yang meningkatkan sifat-sifat dari komposit.

Komposit bermatrik aluminium memiliki kekuatan yang spesifik dan ketahanan korosi yang baik dibandingkan dengan paduan aluminium tanpa penguat. Komposit bermatrik aluminium diperkuat dengan partikel Al₂O₃ ukuran mikro dan nano digunakan pada aplikasi dengan performa tinggi, misalnya pada piringan rem (*brake rotor*) dan batang penghubung (*connecting rods*) padaomotif (Ron Cobden, 1994 & S.A. Sajjadi, 2011). Beberapa jenis penguat yang dapat digunakan yaitu Al₂O₃, B, Si, SiC, TiC, MgO, dan C (Graphite). Pada penelitian ini digunakan serbuk Al₂O₃. Pemilihan serbuk Al₂O₃ didasari dari sifat yang dimilikinya yaitu konduktivitas termal, kekerasan, dan ketahanan aus. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk Al₂O₃ sebagai penguat pada hasil produk komposit bermatrik logam. Terdapat dua

metode untuk memproduksi komposit bermatrik aluminium yaitu metode solid state dan metode liquid state. Metode liquid state merupakan metode yang ekonomis untuk memproduksi komposit. Secara umum terdapat 4 teknik dalam metode liquid state yaitu pressure infiltration, stir casting, spray deposition, dan in situ processing (S.A. Sajjadi, 2011). Proses stir casting adalah metode yang sederhana. Karena pemilihan material yang luas, ikatan antara matrik dan partikel yang baik, fleksibel, dan produk dari stir casting mendekati ukuran semestinya (near-net shape) (S.A. Sajjadi, 2011).

Stir casting merupakan proses pengecoran dengan cara menambahkan suatu logam murni dengan sebuah penguat dengan cara melebur logam murni hingga mencair, logam murni yang sudah mencair tersebut diaduk-aduk secara terus-menerus hingga terbentuk sebuah pusran, kemudian penguat (berupa serbuk) dicampurkan sedikit demi sedikit melalui tepi dari pusran yang telah terbentuk itu (Kartaman, M, 2010). Setiap metode pembuatan komposit memiliki kemudahan dan kesulitan tersendiri. Kesulitan yang paling utama dalam stir casting adalah rendahnya wettability dan distribusi partikel material penguat. Ketika partikel alumina ditambahkan ke leburan aluminium, alumina akan mengapung di atas permukaan. Hal ini terjadi karena adanya tegangan permukaan pada partikel alumina dan terbentuknya oksida pada permukaan leburan (S.A. Sajjadi, 2011). Pada saat penambahan alumina dapat terjadi pembekuan lokal yang disebabkan oleh partikel alumina. Penambahan alumina pada bagian samping pusran juga akan menghasilkan udara pada cairan aluminium (Hashim Jasmi, 2001). Kendala yang kedua adalah densitas antara aluminium dan alumina yang berbeda; Aluminium memiliki densitas 2,7 g/cm³ dan alumina memiliki densitas 3,95 g/cm³. Hal ini mengakibatkan partikel alumina bergerak ke dasar dari leburan aluminium. Sehingga mengakibatkan distribusi partikel alumina menjadi tidak merata dan berakibat alumina mengumpul (aglomerasi) atau mengelompok (cluster) (S.A. Sajjadi, 2011). Pusran (vortex) akibat adanya pengadukan mekanik bertujuan untuk mencampurkan partikel alumina dengan leburan aluminium, tetapi ketika pengadukan dihentikan akan memberi kesempatan partikel alumina untuk tenggelam ke dasar leburan. Sehingga pada penelitian ini akan diamati pengaruh kecepatan putaran terhadap struktur mikro dan distribusi partikel penguat di dalam matriks aluminium.

2. METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan adalah aluminium ingot yang akan digunakan sebagai matrik komposit dan serbuk Al₂O₃ dengan ukuran 500#. Kedua material terlebih dahulu diletakkan pada krusibel dengan kondisi proses seperti tertera pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Distribusi Aluminium dan Al₂O₃

Sampel	Kecepatan Putar (rpm)	Berat Al (gr)	Persentase Al ₂ O ₃ (%)	Berat Al ₂ O ₃ (gr)
1		285	5	15
2	600	270	10	30
3		255	15	45
4		285	5	15
5	800	270	10	30
6		255	15	45
7		285	5	15
8	1000	270	10	30
9		255	15	45

1		285	5	15
2	600	270	10	30
3		255	15	45
4		285	5	15
5	800	270	10	30
6		255	15	45
7		285	5	15
8	1000	270	10	30
9		255	15	45

Setelah itu bahan dipanaskan hingga mencapai 750°C. *Stir Casting* dilakukan dengan variasi kecepatan pengadukan 600 rpm, 800 rpm, dan 1000 rpm selama 10 menit. Setelah proses *stir casting* dengan waktu pengadukan 10 menit, diperoleh sampel komposit.

Sampel komposit Al-Al₂O₃ terlebih dahulu direduksi ukurannya menjadi Ø7 x 1,5 cm dan dilakukan pengamplasan pada permukaannya untuk keperluan pengujian kekerasan *brinell*. Pengujian kekerasan *brinell* dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi yang diberikan terhadap nilai kekerasan pada sampel komposit.

Dari data nilai kekerasan yang diperoleh kemudian diseleksi manakah yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi setelah dilakukan beberapa variasi persen berat Al₂O₃ dan kecepatan pengadukan untuk keperluan pengujian metalografi dan komposisi.

Sebelum melakukan pengujian metalografi dan komposisi material, sampel komposit terlebih dahulu direduksi ukurannya dari Ø7 x 1,5 cm menjadi 1,5 cm³. Pengujian metalografi dimulai dari tahap pembersihan dengan resin, pengamplasan permukaan yang ingin ditinjau, pemolesan dengan pasta Al₂O₃, etching dengan larutan NaOH selama 10 detik, proses vakum sebelum pelapisan permukaan dengan Au, pelapisan permukaan dengan Au, dan pengamatan struktur dengan alat scanning electron microscope (SEM). Pengujian metalografi dilakukan untuk memperoleh gambar hasil alat SEM, kemudian gambar tersebut diolah menggunakan software "ImageJ" untuk mengetahui distribusi partikel pada sampel.

Setelah pengujian metalografi, dilakukan pengujian komposisi material dengan menggunakan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy dan X-Ray Diffraction. Alat EDS digunakan untuk mengetahui unsur yang terdapat pada sampel. Sedangkan XRD digunakan untuk mengetahui kuantitas dari Al₂O₃ dan Al pada sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Kekerasan

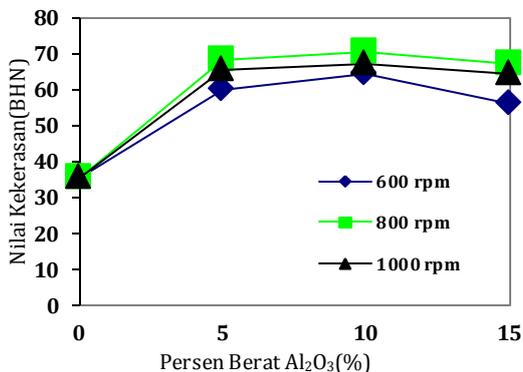
Dari hasil pengujian kekerasan metode *brinell* didapat nilai kekerasan aluminium ingot yaitu 35,76 BHN dan **Tabel 2** menunjukkan peningkatan kekerasan matriks aluminium setelah diberi penguat Al₂O₃ dalam persen.

Tabel 2. Data Persentase Kenaikan Komposit Berbanding Matrik

No. Sampel	Kekerasan (BHN)	Persentase Kenaikan
1	60,1	68,1 %
2	64,4	80,1 %

3	56,1	56,9%
4	68,3	91%
5	70,9	98,3%
6	67,3	88,2%
7	66	84,6%
8	67,6	89%
9	64,7	80,9%

Berdasarkan grafik dari Gambar 1 penggunaan kecepatan putar sebesar 800 rpm menghasilkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 70,9 BHN dengan persentase kenaikan sebesar 98,3% jika dibandingkan dengan kecepatan putar lainnya. Sedangkan penggunaan kecepatan putar sebesar 600 rpm menghasilkan nilai kekerasan terendah yaitu 56,1 BHN dengan persentase kenaikan 56,9%. Untuk penggunaan kecepatan putar sebesar 1000 rpm, nilai kekerasan yang diperoleh berada di antara 600 dan 800 rpm yaitu 66 BHN dengan persentase kenaikan nilai kekerasan 84,6%.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Variasi Persen Berat Alumina dan Kecepatan Putar Terhadap Nilai Kekerasan

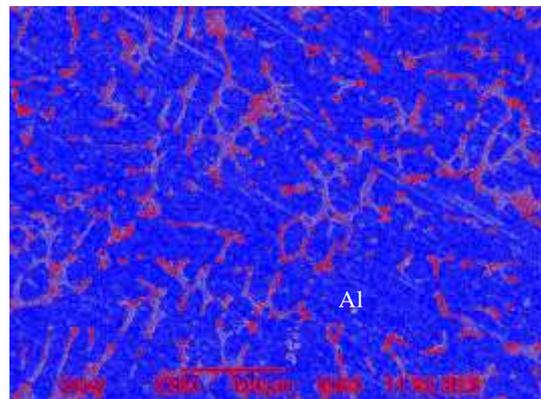
Pada penelitian ini kecepatan putar yang terbaik yaitu 800 rpm karena mampu menghasilkan nilai kekerasan tertinggi. Dengan menurunkan kecepatan putar menjadi 600 rpm mengakibatkan ketidakmampuan penyebaran distribusi partikel Al₂O₃. Pada penelitian ini, pada penggunaan kecepatan putar 1000 rpm mengalami penurunan nilai kekerasannya. Dengan melihat **Gambar 1**, terdapat pengaruh dari variasi kecepatan putar yang dilakukan jika dibandingkan dengan nilai kekerasannya. Berdasarkan pengamatan pada saat dilakukannya proses eksperimen, metode dan situasi alat dilakukan dengan kondisi yang sama. Terjadinya penurunan nilai kekerasan akibat kecepatan putar ditingkatkan telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh Sajjadi bahwa semakin ditingkatkannya kecepatan pengadukan maka kemungkinan terjadinya cacat porositas semakin tinggi akibat aliran pada cairan menjadi turbulen (Sajjadi, 2011). Pengadukan mekanik digunakan untuk menghasilkan pusaran, akibat dari adanya pusaran adalah serbuk Al₂O₃ terdistribusi merata di leburan Al. Akan tetapi, ketika pengadukan dihentikan, serbuk Al₂O₃ kembali menuju ke dasar leburan akibat perbedaan massa jenis Al dan Al₂O₃.

Untuk pengaruh variasi persen berat alumina pada variasi komposisi alumina sebanyak 5% menghasilkan nilai kekerasan 60,1 BHN, 68,3 BHN, dan 66 BHN. Untuk variasi komposisi alumina sebanyak 10% menghasilkan nilai kekerasan 64,4 BHN, 70,9 BHN, dan 67,6 BHN.

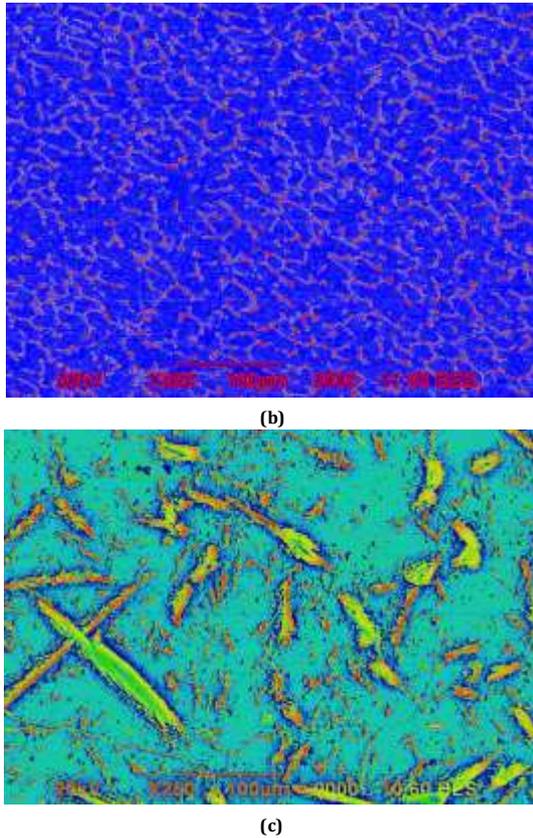
Sedangkan untuk variasi komposisi alumina sebesar 15% menghasilkan nilai kekerasan 56,1, 67,3, dan 64,7 BHN. Penambahan alumina sebanyak 10% dapat menghasilkan nilai kekerasan tertinggi, sedangkan penambahan alumina sebanyak 5% berada di tengah, selanjutnya penambahan alumina sebanyak 15% menghasilkan nilai kekerasan terendah untuk masing-masing sampelnya. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh pada variasi komposisi Al₂O₃ di dalam matrik Al juga berpengaruh terhadap nilai kekerasan yang diperoleh. Dengan peningkatan komposisi Al₂O₃ maka partikel penguat pada hasil coran akan semakin banyak, sehingga meningkatkan nilai kekerasan dari coran. Akan tetapi jika partikel penguat terlalu banyak akan membuat nilai kekerasan coran menurun akibat partikel penguat tertinggal di krusibel pada saat proses penuangan logam cair ke cetakan. Pada penelitian sebelumnya, jika persen berat Al₂O₃ ditingkatkan, maka hasil nilai kekerasan komposit meningkat. Hal ini terjadi akibat proses penghambatan gerakan dislokasi akibat peningkatan persen berat Al₂O₃ dan penurunan ukuran butir material matrik (Sajjadi, 2011). Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan nilai kekerasan pada hasil komposit, yaitu efek gravitasi akibat perbedaan massa jenis antara Al dan Al₂O₃, dan ketidakseragaman distribusi partikel (Hashim, 2001). Pada penelitian ini, saat penggunaan persen berat Al₂O₃ 15%, terjadi partikel penguat yang tertinggal di krusibel. Hal ini mungkin yang mengakibatkan penurunan nilai kekerasan komposit akibat tidak menurunnya ukuran butir material matrik karena tidak digantikan oleh Al₂O₃ (Sajjadi, 2011).

3.2. Analisis Metalografi Berdasarkan Persen Berat

Dengan melihat data pengujian kekerasan, nilai yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan putar 800 rpm lebih unggul daripada yang lain. Maka dari itu pada analisa metalografi berdasarkan persen berat, kecepatan putar 800 rpm menjadi variabel tetap, sedangkan variasi dilakukan untuk persen berat Al₂O₃ yang digunakan yaitu 5, 10, dan 15%.



(a)



Gambar 2. Hasil Proses *ImajeJ* Perbesaran 250x dengan Kecepatan Putar 800 RPM komposisi a) 5% Al₂O₃ b) 10% Al₂O₃ dan c) 15% Al₂O₃

Tabel 3. Analisa Area Gambar 2

gambar	Total Area Terhitung (µm ²)	Ukuran Rata-rata (µm ²)	% Area Terhitung
(a)	10.094,4	7,9	5,7
(b)	14.569,6	6,7	8,2
(c)	10.094,4	11,4	17,9

Pada **Tabel 3** dijelaskan bahwa total area seluruh gambar adalah 178.585,6 µm². Selanjutnya total area terhitung yaitu 10.094,4 µm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah pada Gambar 2) selain matriks aluminium. Pada **Gambar 2** daerah berwarna biru adalah matriks aluminium. Dengan total area yang sama maka gambar b, total total area terhitung yaitu 14.569,6 µm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah) selain matriks aluminium. Daerah berwarna biru adalah matriks aluminium. Untuk ukuran partikel rata-rata yaitu sebesar 6,7 µm².

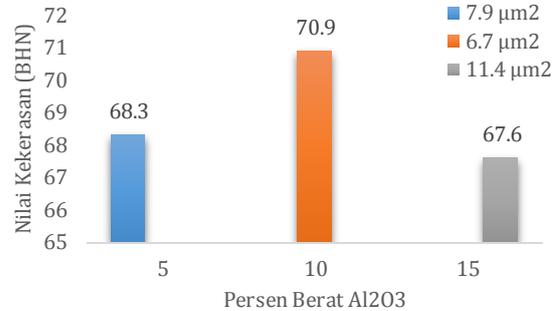
Pada Gambar c bahwa total area terhitung yaitu 10.094,4 µm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah) selain matriks aluminium. Pada Gambar 4 daerah berwarna hijau toska adalah matriks aluminium. Untuk ukuran partikel rata-rata pada Gambar c yaitu sebesar 11,4 µm². Selanjutnya persen area terhitung dimana perhitungan dari total area terhitung dibagi dengan total area keseluruhan dan kemudian dikalikan 100% menghasilkan nilai 17,9%.

Salah satu metode penguatan logam adalah dengan reduksi ukuran butir, dimana logam yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil mempunyai sifat lebih keras dan kuat karena memiliki luas lapisan batas total yang lebih besar untuk menghambat pergerakan dislokasi. Dikaitkan dengan persamaan *Hall-Petch*

bahwa mereduksi ukuran butir meningkatkan kekuatan luluh logam.

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2} \dots\dots\dots(1)$$

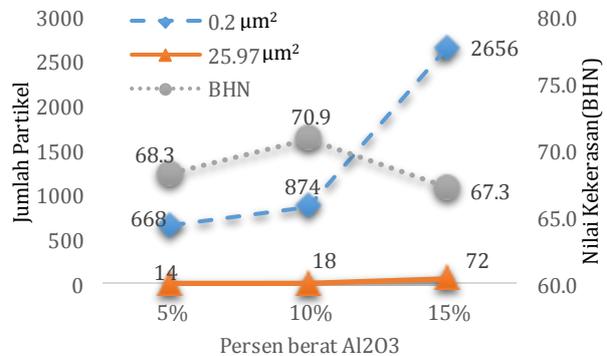
Pada penambahan 5% berat Al₂O₃ menghasilkan rata-rata ukuran 7,9 µm², pada penambahan 10% berat Al₂O₃ menghasilkan rata-rata ukuran 6,7 µm², pada penambahan 15% berat Al₂O₃ menghasilkan rata-rata ukuran 11,4 µm². Hubungan antara rata-rata ukuran partikel terhadap nilai kekerasan terdapat pada **Gambar 3** di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Hubungan Persen Berat Al₂O₃ dan Nilai Kekerasan Terhadap Ukuran Partikel

Ditinjau dari gambar hasil pengujian metalografi dengan alat SEM, gambar a dan b menghasilkan bentuk partikel yang halus, sedangkan pada Gambar c menghasilkan bentuk partikel yang kasar.

Jika dihubungkan antara grafik hubungan antara persen berat Al₂O₃ dan jumlah partikel terhadap ukuran partikel dengan grafik uji kekerasan pada 5, 10, dan 15% persen berat Al₂O₃ dengan 800 rpm, maka didapat grafik **Gambar 4** sebagai berikut:



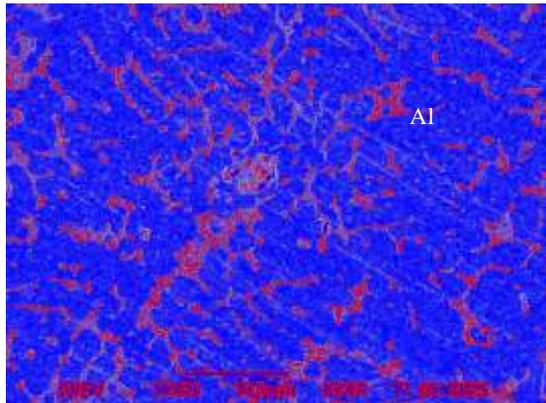
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Persen Berat Al₂O₃ Pada Ukuran Partikel Terhadap Jumlah Partikel Dengan Grafik Nilai Kekerasan Variasi 5, 10, 15% Persen Berat Al₂O₃ 800 rpm

Berdasarkan penelitian ini, pada semua variasi persen berat Al₂O₃ terjadi peningkatan jumlah partikel pada setiap ukuran partikel. Namun, peningkatan yang signifikan terjadi ketika variasi persen berat Al₂O₃ dari 10% ke 15%. Peningkatan jumlah partikel terhadap ukuran partikel 0,2 µm² yaitu 303%, sedangkan peningkatan jumlah partikel terhadap ukuran partikel 25,97 µm² yaitu 400%. Menurut penelitian sebelumnya oleh Sajjadi, dengan peningkatan persen berat dan penurunan ukuran partikel menyebabkan peningkatan luas permukaan dalam kontak dengan udara. Hal ini dapat menimbulkan cacat porositas. Keberadaan cacat

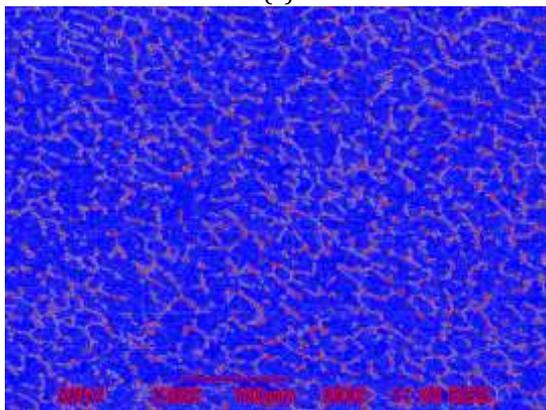
porositas inilah yang mungkin menyebabkan penurunan nilai kekerasan pada variasi persen berat 15% Al₂O₃.

3.3. Analisis Metalografi Berdasarkan Kecepatan Putar

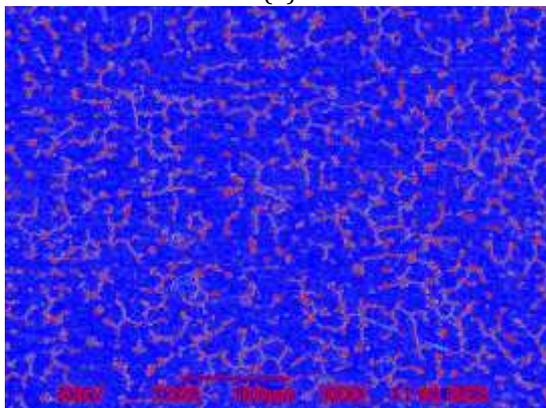
Dengan melihat data pengujian kekerasan, nilai kekerasan yang dihasilkan dengan penambahan Al₂O₃ sebanyak 10% lebih unggul daripada variasi lainnya. Maka dari itu pada analisa metalografi berdasarkan kecepatan putar, penambahan Al₂O₃ sebanyak 10% menjadi variabel tetap, sedangkan variasi kecepatan putar yang digunakan yaitu 600, 800, dan 1000 rpm. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi kecepatan putar terhadap analisa metalografi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Hasil Proses *ImajeJ* Perbesaran 250x dengan 10% Al₂O₃ dan Kecepatan Putar, a) 600 RPM, b) 800RPM dan c) 1000 RPM

Tabel 4. Analisis Area Gambar 5

Gambar	Total Area Terhitung (μm ²)	Ukuran Rata-rata (μm ²)	% Area Terhitung
(a)	7.316,48	4,19	4,1
(b)	14.569,6	6,67	8,16
(c)	17.485,76	12,72	9,78

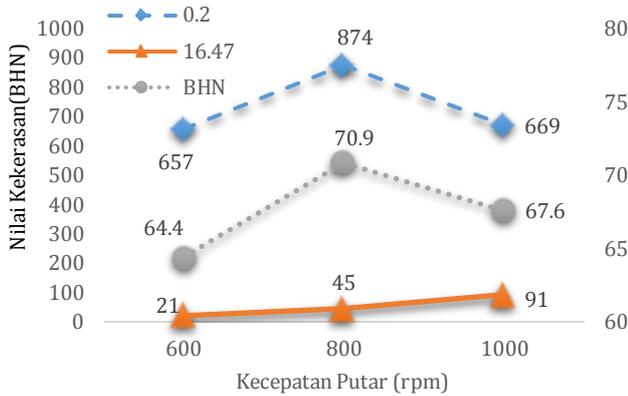
Pada **Tabel 5** dijelaskan bahwa total area seluruh **Gambar 4** adalah 178.585,6 μm². Selanjutnya total area terhitung pada gambar a yaitu 7.316,48 μm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah) selain matrik aluminium. Total area terhitung gambar b yaitu 14.569,6 μm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah) selain matrik aluminium. Untuk ukuran partikel rata-rata pada Gambar b. yaitu sebesar 6,67 μm². Pada Gambar c total area terhitung yaitu 17.485,76 μm² menjelaskan total area partikel (berwarna merah) selain matrik aluminium. Pada Gambar c daerah berwarna biru adalah matriks aluminium. Untuk ukuran partikel rata-rata pada Gambar c yaitu sebesar 12,72 μm². Selanjutnya persen area terhitung dimana perhitungan dari total area terhitung dibagi dengan total area keseluruhan dan kemudian dikalikan 100% menghasilkan nilai 9,78%.

Pada **Tabel 5** di bawah ini akan menjelaskan data hubungan antara kecepatan putar pada ukuran partikel terhadap jumlah partikel terhadap.

Tabel 5. Data Hubungan antara Kecepatan Putar Pada Ukuran Partikel Terhadap Jumlah Partikel

Kecepatan Putar (rpm)	Ukuran Partikel (μm ²)	
	0,2	16,47
Jumlah Partikel		
600	657	21
800	874	45
1000	669	91

Pada grafik **Gambar 6** menjelaskan, Pertama yaitu pada ukuran 0,2 μm² memiliki jumlah partikel lebih banyak pada setiap variasinya jika dibandingkan dengan ukuran 16,47 μm². Kedua yaitu dengan menaikkan kecepatan putar maka jumlah partikel akan naik, hal tersebut terjadi pada partikel berukuran 16,47 μm². Pada variasi kecepatan putar untuk partikel berukuran 0,2 μm², grafik menunjukkan kenaikan jumlah partikel dari variasi kecepatan putar 600 ke 800 rpm dengan selisih 217 jumlah partikel. Namun pada kecepatan putar 1000 rpm mengalami penurunan 205 partikel untuk selisih dengan kecepatan putar 800. Lain hal nya dengan hubungan antara penambahan persen beart Al₂O₃ dan jumlah partikel terhadap ukuran partikel dimana setiap kenaikan persen maka jumlah partikel pada ukuran 0,2 μm² naik.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kecepatan Putar Pada Ukuran Partikel Terhadap Jumlah Partikel Dengan Grafik Nilai Kekerasan Variasi 600, 800, 1000 rpm 10% Persen Berat Al_2O_3

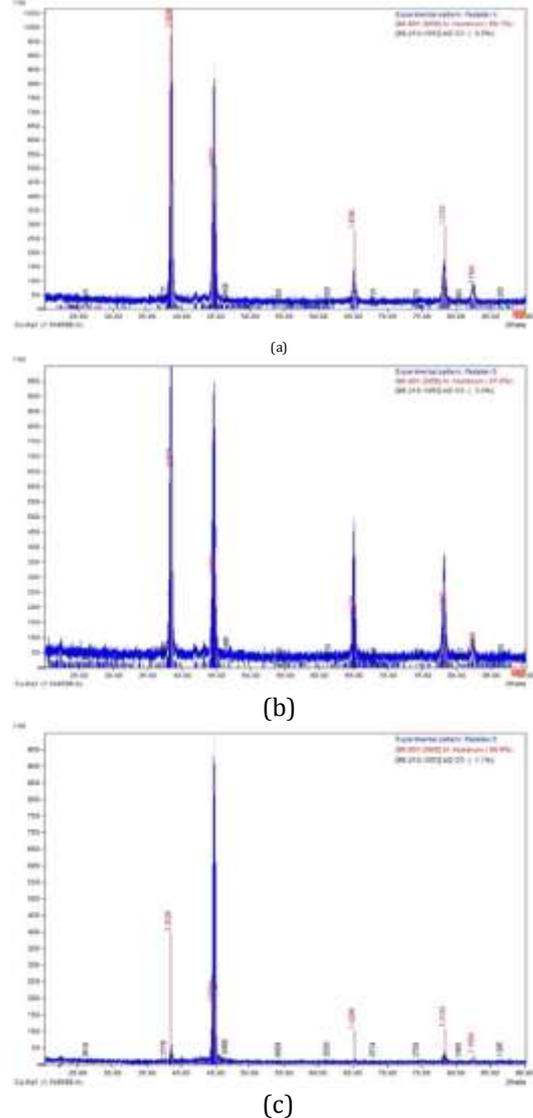
Pada ukuran partikel $0,2 \mu\text{m}^2$ dengan dinaikannya kecepatan putar dari 800 rpm ke 1000 rpm terjadi penurunan jumlah partikel, yang mengakibatkan penurunan nilai kekerasan. Sedangkan pada ukuran $16,47 \mu\text{m}^2$ dengan dinaikannya kecepatan putar dari 800 rpm ke 1000 rpm terjadi peningkatan jumlah partikel dalam keadaan nilai kekerasan yang turun. Dengan demikian diketahui bahwa ukuran partikel pada kecepatan putar tertentu akan menghasilkan jumlah partikel yang berbanding terbalik (naik dan turun) pada nilai kekerasan. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Prabu tanpa melihat ukuran dan jumlah partikel, disimpulkan bahwa kecepatan putar memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan, dimana semakin tinggi kecepatan putar, maka nilai kekerasan semakin tinggi juga (Prabu, 2005).

3.4. Analisis Komposisi Material

Setelah dilakukan proses pengujian SEM, selanjutnya dilakukan tahap pengujian *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) untuk mengidentifikasi unsur pada hasil gambar SEM dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi unsur dan senyawa pada sampel. Dalam penelitian ini di titik beratkan dengan keberadaan unsur Al karena unsur tersebut adalah matriks dari komposit. Untuk senyawa di titik beratkan kepada senyawa Al_2O_3 karena senyawa tersebut yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat dari unsur Al. Sifat yang diperbaiki dalam percobaan ini yaitu nilai kekerasannya. Senyawa Al_2O_3 dalam percobaan ini bertindak sebagai material penguat untuk komposit.

Analisis Komposisi Material dengan X-Ray Diffraction

Pengujian XRD mengidentifikasi unsur dan senyawa, tujuan dilakukan XRD hanyalah untuk memastikan keberadaan senyawa Al_2O_3 pada sampel. Berikut ini grafik dari ketiga sampel hasil analisa komposisi material dengan menggunakan alat XRD:

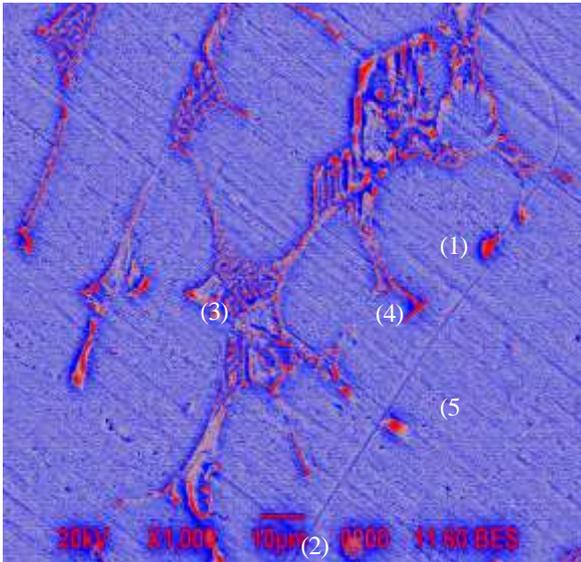


Gambar 7. Grafik XRD dengan 800 RPM (a) 5% Al_2O_3 (b) 10% Al_2O_3 (c) 15% Al_2O_3

Pada hasil pengujian XRD, tiap-tiap padatan memiliki unsur Al sebagai matriksnya. Dan pada tiap-tiap padatan juga memiliki senyawa Al_2O_3 . Pada Gambar 7. a memiliki kuantitas Al sebesar 99,1%, sedangkan untuk senyawa Al_2O_3 memiliki kuantitas 0,9%. Pada Gambar 7.b memiliki kuantitas Al sebesar 97,6%, sedangkan untuk senyawa Al_2O_3 memiliki kuantitas 2,4%. Selanjutnya pada sampel 6 pada Gambar 7.c memiliki kuantitas Al sebesar 98,9%. Sedangkan untuk senyawa Al_2O_3 memiliki kuantitas 1,1%.

Analisis Komposisi Material dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

Pengujian EDS dilakukan untuk mengidentifikasi unsur pada setiap hasil gambar SEM. Pada titik-titik tertentu pada gambar hasil SEM kemudian dilakukan identifikasi unsur. Berikut beberapa padatan yang dilakukan pengujian EDS.



Gambar 8. Titik Identifikasi Unsur Padatan 4

Gambar hasil alat SEM yang digunakan adalah gambar 8 dengan perbesaran 1000x. Hasil data pengujian EDS berupa nama-nama unsur dan persen berat pada tiap-tiap padatan. Pada padatan 4 titik 1 diketahui unsur sebagai berikut:

Tabel 6. Data EDS Padatan 4 Titik 1

Unsur	Persen Massa
Al	58,9
Fe	28,56
Si	7,42
Cu	2,09
O	0,84
Mn	2,19

Tabel 7. Data EDS Padatan 4 Titik 2

Unsur	Persen Massa
Al	70,66
Si	9,72
Cu	19,62

Tabel 11. Data EDS Padatan 4 Titik 3

Unsur	Persen Massa
Al	89,56
Fe	10,45

Tabel 12. Data EDS Padatan 4 Titik 4

Unsur	Persen Massa
Al	68,31
Fe	21,33
Si	7,19
Cu	2,95

Tabel 13. Data EDS Padatan 4 Titik 5

Unsur	Persen Massa
Al	100

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Metode *stir casting* dengan menggunakan variasi persen berat Al_2O_3 dan kecepatan putar yang digunakan mampu menghasilkan komposit Al- Al_2O_3 . Dengan melakukan

variasi terhadap persen berat Al_2O_3 dan kecepatan putar pengadukan, diperoleh pengaruh terhadap nilai kekerasan dan distribusi partikel. Rata-rata persentase kenaikan nilai kekerasan adalah 81,9%. Nilai kekerasan awal Al adalah 35,8 BHN. Pengaruh penambahan persen berat Al_2O_3 menghasilkan kenaikan total area terhitung dan persen area terhitung. Dan juga menghasilkan grafik kenaikan jumlah partikel pada ukuran $0,2 \mu m^2$ dan $25,97 \mu m^2$. Pengaruh kecepatan putar menghasilkan kenaikan total area terhitung dan persen area terhitung. Pengaruhnya juga menghasilkan grafik kenaikan jumlah partikel pada ukuran $16,47 \mu m^2$ dan pada ukuran partikel $0,2 \mu m^2$ kenaikan dari kecepatan 600 ke 800 rpm, dan mengalami penurunan dari kecepatan 800 ke 1000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Y. Shash, Amer E. Amer, Moataz El-Saeed, 2015, "Influence of Al_2O_3 Nano-dispersions on Mechanical and Wear Resistance Properties of Semisolid Cast A356 Al Alloy", Egypt: Mechanical Design and Production Department, Faculty of Engineering Cairo University.
- Buchanan R.C & Marcel Dekker, 1986, "Ceramic Materials for Electronics", New York dan Basel.
- Cobden, Ron; Banbury, Alcan, 1994. "Aluminium: Physical Properties, Characteristics and Alloys", TALAT Lecture 1501 European Aluminium Association.
- Froyen, L. & B. Verlinden, 1994, "Aluminium Matrix Composite Materials", TALAT Lecture 1402 University of Leuven, Belgium.
- Hashim Jasmi, 2001, "The Production Of Cast Metal Matrix Composite By A Modified Stir Casting Method", Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- Iman S. El-Mahallawi, Ahmed Y. Shash, Amer E. Amer, 2015, "Nanoreinforced Cast Al-Si Alloys with Al_2O_3 , TiO_2 and ZrO_2 Nanoparticles", Egypt: Mining Petroleum and Metallurgical Engineering Department, Cairo University.
- Kartaman, M., 2010, "Fabrikasi Komposit Al/ Al_2O_3 Coated dengan Metode *Stir Casting* dan Karakterisasinya", Depok: Universitas Indonesia.
- Kumar, D., Sarangi, S, 2009. "Fabrication and Characterisation of Aluminium Fly Ash Composite Using *Stir Casting Method*", Rourkela: Department of Metallurgical and Materials Engineering National Institute of Technology.
- Maleque M.A, S.Dyuti, M.M.Rahman, 2010, "Material Selection Method in Design of Automotive Brake Disc", Malaysia: International Islamic University Malaysia.
- Moulson A.J & J.M Herbert, 1999, "Electroceramic", Chapman and Hall, New York.
- S. Balasivanandha Prabu, L. Karunamoorthy, S. Kathiresan, B. Mohan, 2006, "Influence of stirring speed and stirring time on distribution of particles in cast metal matrix composite", India: Journal of Materials Processing Technology, Anna University.
- Sajjadi S.A, Ezatpour, H. R.; Beygi, H., 2011, "Microstructure and mechanical properties of Al- Al_2O_3 micro and nano composites fabricated by stir casting", Department of Material Science and Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- Shubham Mathur & Alok Barnawal, 2013, "Effect of Process Parameter of *Stir Casting* on Metal Matrix Composites", India: Universitas Integral.
- Singh Lakhvir, Baljinder Ram, Amandeep Singh, 2013, "Optimization of Process Parameter for Stir Casted Aluminium Metal Matrix Composite Using Taguchi Method", India: Punjab.
- Surappa, M K, 2003, "Aluminium Matrix Composites: Challenges and Opportunities", India: Department of Metallurgy, Indian Institute of Science.
- Surdia, T & Saito, S, 1999, "Pengetahuan Bahan Teknik", Jakarta: Pradnya Paramita.
- William D. Callister, Jr, 2001, "Fundamentals of Materials Science and Engineering", Amerika Serikat: University of Utah.