

KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT ALUMINIUM YANG DIPERKUAT SERBUK BESI YANG MENGALAMI PERLAKUAN PANAS

¹⁾Rifki Ifan Diyanto *, ²⁾Sulardjaka

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²⁾Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
*e-mail : ifan125Cuy@gmail.com

ABSTRAK

Aluminium merupakan logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, dan penghantar listrik yang digunakan sebagai matriks. Serbuk besi digunakan untuk penguat yang berguna untuk menghasilkan aluminium komposit dengan sifat mekanik yang baik dan biaya murah. Perpaduan antara aluminium matriks dan serbuk besi akan menjadi komposit yang mempunyai keuntungan murah, ringan dan kuat. Perlakuan panas (*Age hardening*) diperlukan untuk memperkuat sebuah komposit. Pada pengerasan paduan aluminium dengan cara perlakuan panas sangat erat hubungannya dengan waktu penahan temperatur (*holding time*).

Material awal adalah Al limbah dan serbuk Fe dengan *mesh* 350. Komposit disusun dengan fraksi berat 5%, 10%, dan 15% Fe. Metode yang digunakan adalah *stir casting* dengan temperatur penuangan 700 °C lama pengadukan 5 menit dan putaran 250 rpm. Karakterisasi yang dilakukan meliputi; kekerasan dan struktur mikro.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa proses *aging* yang memiliki kekerasan paling tinggi pada bagian bawah yaitu 4 jam dengan penambahan fraksi berat Fe sebagai berikut 5% = 57,07 HRB, 10% = 75,43 HRB, dan 15% = 87,93 HRB. Hal ini sesuai dengan foto mikro 5%, 10%, dan 15% pada waktu *aging* 4 jam.

Kata kunci: Aluminium, serbuk besi, komposit, perlakuan panas, *holding time*, uji kekerasan, uji mikografi, *quenching*, *aging*.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, material banyak sekali digunakan untuk perindustrian. Material ini yang dikenal sempurna, dari segi kekuatan, kekakuan, dan kepadatan. Bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan yang merupakan bahan gabungan secara makro. Oleh karena itu, bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utamanya yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan.

Aluminium matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Aluminium yang dikenal sebagai logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik digunakan sebagai matriks sedangkan serbuk besi berfungsi sebagai penguat. Penggunaan serbuk besi sebagai penguat untuk menghasilkan aluminium komposit dengan sifat mekanik yang baik dengan biaya murah yang dapat bersaing dengan komposit sejenis lainnya. Perubahan fasa untuk menambah kekuatan dari sifat mekanis dari logam yang digunakan dalam komposit tersebut salah satu caranya yaitu dengan melakukan perlakuan panas. Perlakuan panas pada logam dapat mengubah struktur mikro dari logam sehingga akan berpengaruh terhadap sifat mekanisnya. Dengan perlakuan panas dapat

membentuk sifat logam sesuai dengan penggunaan dari logam tersebut.

Penelitian yang akan dilakukan merupakan pembahasan tentang perlakuan panas pada hasil pengecoran aluminium yang ditambahkan serbuk besi dengan fraksi massa 5%, 10% dan 15%. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengujian mikografi.

DASAR TEORI

Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat ó sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb [1]. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas 2,7 g/cm³ [1]. Selain sifat-sifat tersebut aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa

mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Adapun sifat-sifat dari aluminium antara lain : ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium [2]. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan oksida ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disoldier (titik leburnya lebih dari 2000⁰C) [2].

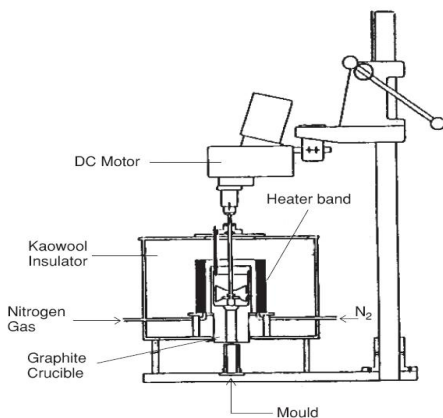
Besi

Besi adalah logam transisi yang paling banyak dipakai karena relatif melimpah di alam dan mudah diolah. Besi murni tidak begitu kuat, tetapi bila dicampur dengan logam lain dan karbon didapat baja yang sangat keras. Bijih besi biasanya mengandung hematite (Fe₂O₃) yang dikotori oleh pasir (SiO₂) sekitar 10 %, serta sedikit senyawa sulfur, fosfor, aluminium, dan mangan [3]. Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya [3]:

1. Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar.
2. Pengolahannya relatif mudah dan murah
3. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi.

Stir Casting

Proses *Stir casting* adalah proses pengecoran dengan cara menambahkan suatu logam murni (biasanya aluminium) dengan sebuah komposit dengan cara melebur logam murni tersebut kemudian logam murni yang sudah mencair tersebut diaduk-aduk secara terus-menerus hingga terbentuk sebuah pusran, kemudian komposit (berupa serbuk) tersebut dicampurkan sedikit demi sedikit melalui tepi dari pusran yang telah terbentuk itu [4]. Skema dari proses stir casting dilihat pada Gambar 1.

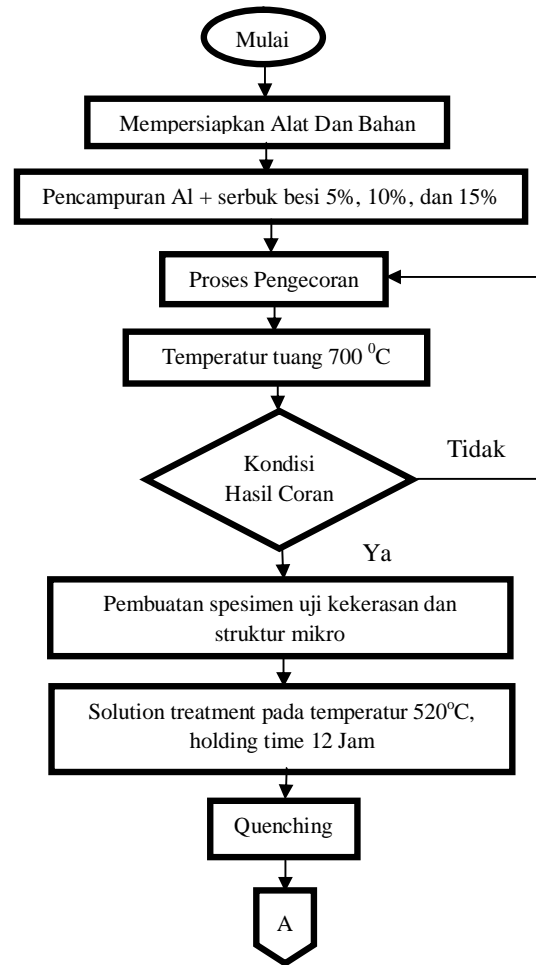


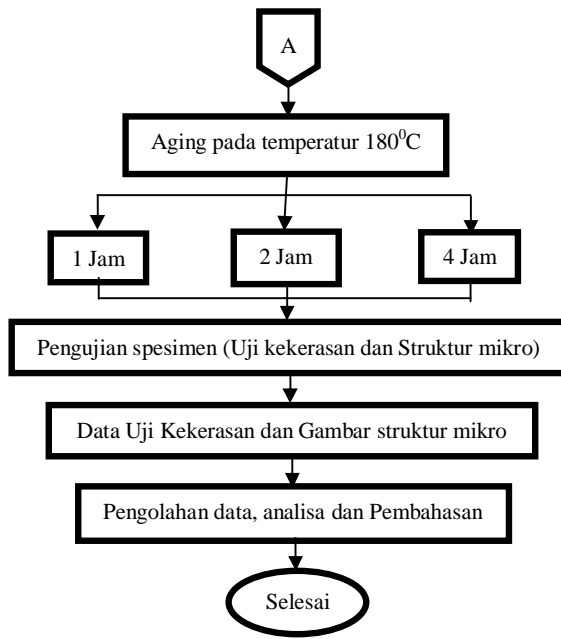
Gambar 1. Skema dapur peleburan stir casting [5]

Keuntungan dari proses stir casting adalah mampu menggabungkan partikel penguat yang tidak

dibasahi oleh logam cair. Bahan yang tidak dibasahi tersebut terdistribusi oleh adanya gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel penguat terperangkap dalam logam cair. Metode pembuatan ini merupakan metode yang paling sederhana, relatif lebih murah dan tidak memerlukan peralatan tambahan. Namun proses stir casting ini kadangkala mengalami kendala yaitu distribusi partikel yang kurang homogen. Ketidak homogenan mikrostruktur disebabkan oleh penggumpalan partikel penguat (*clustering*) dan pengendapan selama pembekuan berlangsung akibat perbedaan densitas matrik dan penguat, terutama pada fraksi volume partikel tinggi. Secara umum fraksi volume penguat hingga 30% dan ukuran partikel 5-100 µm dapat disatukan kedalam logam cair dengan metode *stir casting*. Teknik dan peralatan proses A-MMCs sama dengan proses peleburan untuk paduan aluminium. Peleburan untuk bahan monolitik seperti dapur induksi, electric-resistance dan burner bisa juga digunakan untuk peleburan komposit MMC [4].

METODE PENELITIAN





Gambar 2. Diagram alir penelitian

Keterangan :

- a. Mempersiapkan Alat Dan Bahan
Persiapan yang diperlukan antara lain, minimbang aluminium dan serbuk besi sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku dengan tabung gas LPG dengan selang krusibel, menyiapkan cetakan, kowi, pengaduk dan cawan tuang.
- b. Proses Pengecoran
Proses pengecoran dilakukan di kampus Teknik Mesin UNDIP menggunakan tungku krusibel dengan berbahan bakar LPG.
- c. Pencampuran Aluminium Ditambah Serbuk Besi
Mencampurkan 5, 10, dan 15 (%) serbuk Fe pada saat proses stir casting untuk memperkuat aluminium.
- d. Temperatur Tuang
Untuk mengetahui perbedaan pencampuran antara aluminium dengan serbuk besi pada saat di tuang pada cetakan.
- e. Kondisi Hasil Coran
Pada tahap ini pemeriksaan kondisi hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari porositas dan cacat.
- f. Pembuatan Spesimen Untuk Uji Kekerasan dan Uji Mikrografi
Pemotongan spesimen yang lebih kecil dilakukan untuk memudahkan dalam pengujian, pemotongan dilakukan menggunakan mesin gergaji potong.
- g. Perlakuan panas
Proses perlakuan panas dilakukan dengan metode pemanasan Al-Fe yang dipanaskan dengan pengaturan temperatur pemanasan 520 °C dengan waktu penahanan 1 jam (quenching).
- h. Melakukan pengujian kekerasan dan pengujian mikrografi

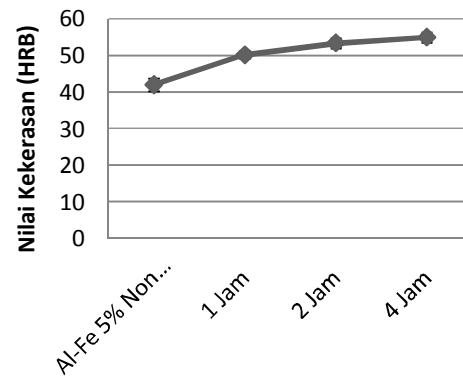
Pengujian nilai kekerasan dilakukan pada tiap spesimen yang telah *aging* dengan temperature 180 °C dan waktu penahanan yang berbeda, serta melihat struktur mikro pada spesimen yang memiliki kekerasan yang meningkat.

- i. Pengolahan data, analisa dan pembahasan
Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik atau tabel.
- j. Kesimpulan dan Saran
Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian serta membandingkan dengan literatur yang telah dipelajari untuk dapat menjawab tujuan dari penelitian.

PEMBAHASAN

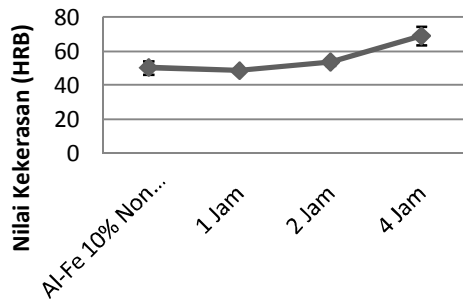
Hasil Uji Kekerasan

Dari data hasil pengujian kekerasan Al dan serbuk Fe, dengan variasi komposisi 5%, 10% dan 15% Fe yang telah di *aging* dengan variasi *holding time* yang berbeda dapat disajikan dalam grafik seperti berikut ini.



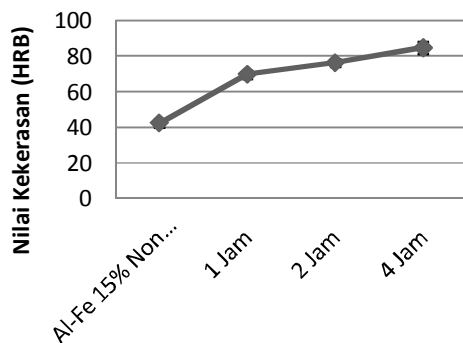
Gambar 3. Nilai rata rata kekerasan Al-Fe 5 % terhadap variasi holding time aging.

Dari Gambar 3 dapat terlihat bahwa semakin lama *holding time aging* maka nilai kekerasannya semakin meningkat. Untuk *holding time aging* 1 jam nilai kekerasannya meningkat sebesar 50,14 HRB, *holding time aging* 2 jam kekerasannya meningkat sebesar 53,38 HRB sedangkan *holding time aging* 4 jam kekerasannya meningkat sekitar sebesar 54,95 HRB.



Gambar 4. Nilai rata-rata kekerasan Al-Fe 10% terhadap variasi holding time aging.

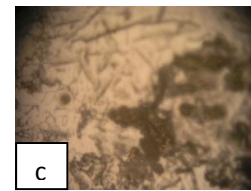
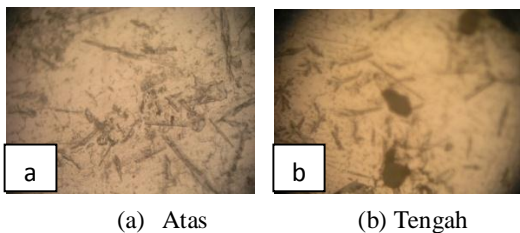
Dari Gambar 4 dapat terlihat bahwa semakin lama *holding time aging* maka nilai kekerasannya semakin meningkat. Untuk *holding time aging* 1 jam nilai kekerasannya meningkat sebesar 48,45 HRB, *holding time aging* 2 jam kekerasannya meningkat sebesar 53,52 HRB sedangkan *holding time aging* 4 jam kekerasannya meningkat sekitar sebesar 68,9 HRB.



Gambar 5. Nilai rata-rata kekerasan Al-Fe 15 terhadap variasi holding time aging.

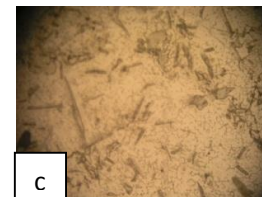
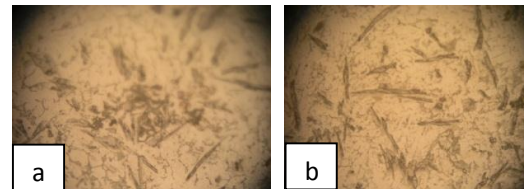
Dari Gambar 5 dapat terlihat bahwa semakin lama *holding time aging* maka nilai kekerasannya semakin meningkat. Untuk *holding time aging* 1 jam nilai kekerasannya meningkat sebesar 69,62 HRB, *holding time aging* 2 jam kekerasannya meningkat sebesar 76,21 HRB sedangkan *holding time aging* 4 jam kekerasannya meningkat sekitar sebesar 84,60 HRB.

Hasil Pengujian Mikrografi



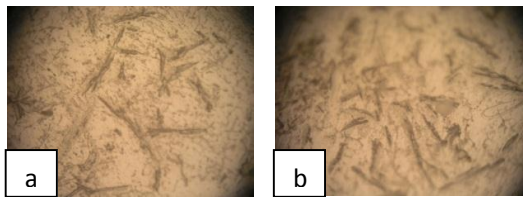
Gambar 6. Struktur mikro Al-Fe 5% pada holding time 1 jam.

Dari Gambar 6 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 5% yang mengalami penuaan (*aging*) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 1 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata dan menggumpal pada masing-masing pengujian. Distribusi Fe paling banyak terhadap pada bagian bawah. Hal ini di menguatkan hasil pengujian kekekrasan material. Struktur mikro pada distribusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang). Pada bagian pada bagian bawah distribusi Fe terlihat banyak yang menggumpal, ini disebabkan proses pengadukan atau pencampuran yang kurang sempurna pada saat proses stir casting. Porositas material juga tidak terlihat jelas karena nilainya sangat kecil sekali.

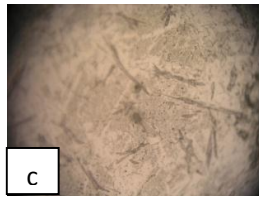


Gambar 7. Struktur mikro Al-Fe 5% pada holding time 2 jam.

Dari Gambar 7 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 5% yang mengalami penuaan (*aging*) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 2 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al yang relatif tidak merata pada masing-masing posisi pengujian. Dari gambar diatas distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah. Hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material. Struktur mikro pada material memperlihatkan distribusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang). Porositas material juga tidak terlihat karena nilainya yang sangat kecil.



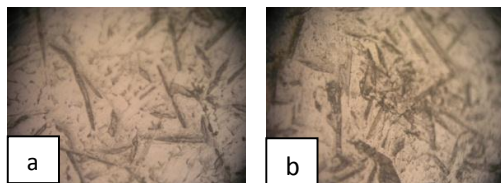
(a) Atas (b) Tengah



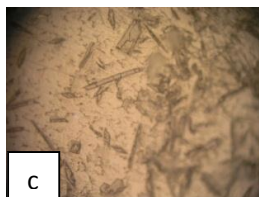
(c)Bawah

Gambar 8. Struktur mikro Al-Fe 5% pada holding time 4 jam.

Dari Gambar 8 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 5% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 4 jam. Hasil foto mikro menunjukkan distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata pada masing-masing posisi pengujian. Dari gambar diatas distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah. Hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material. Struktur mikro disrtibusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang). Porositas material juga tidak terlihat karena nilainya sangat kecil.



(a) Atas (b) Tengah

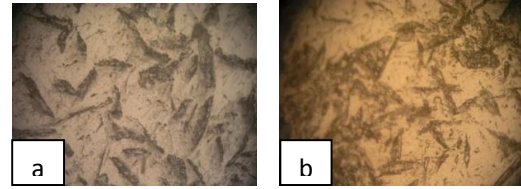


(c)Bawah

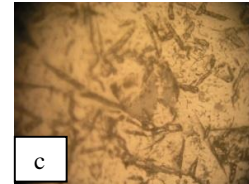
Gambar 9. Struktur mikro Al-Fe 10% pada holding time 1 jam.

Dari Gambar 9 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 10% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 1 jam. Hasil foto mikro menunjukkan distribusi Fe didalam matriks Al relatif merata pada masing-masing posisi pengujian. Dari gambar diatas distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah. Hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material. Struktur mikro disrtibusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang).

didalam matriks Al (terang). Porositas material juga tidak terlihat jelas karena nilainya yang sangat kecil.



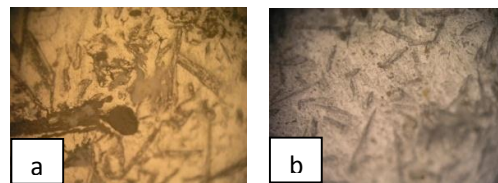
(a) Atas (b) Tengah



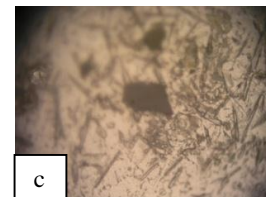
(c)Bawah

Gambar 10. Struktur mikro Al-Fe 10% pada holding time 2 jam.

Dari Gambar 10 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 10% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 2 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata dan menggumpal pada masing-masing pengujian. Distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah, hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material, dari gambar diatas terlihat kurang banyaknya serbuk Fe yang tercampur karena kurang lembut serbuk Fe pada saat proses pengayakan yang menyebabkan serbuk Fe menggumpal. Porositas material juga tidak terlihat jelas karena nilainya sangat kecil sekali.



(a) Atas (b) Tengah

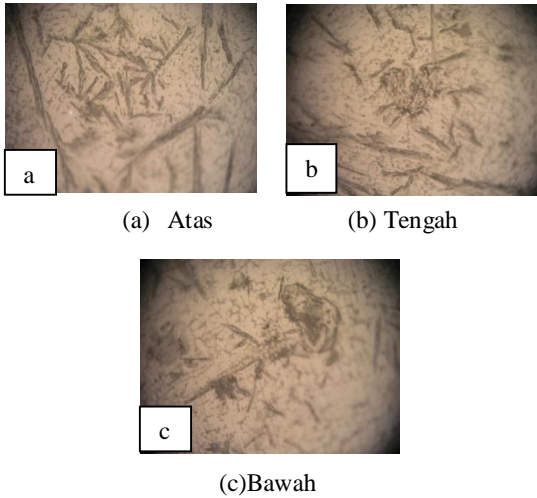


(c)Bawah

Gambar 11. Struktur mikro Al-Fe 10% pada holding time 4 jam.

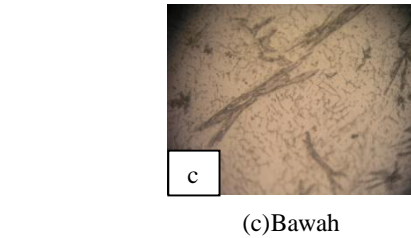
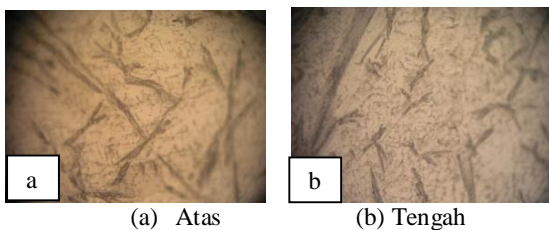
Dari Gambar 4.2664.28 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 10% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 °C dengan *holding time* 4 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam

matriks Al relatif tidak merata dan menggumpal pada masing-masing pengujian. Distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah, hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material, dari gambar diatas terlihat kurang banyaknya serbuk Fe yang tercampur karena banyaknya komposisi Fe 10% dan kurang lembut serbuk Fe pada saat proses pengayakan yang menyebabkan serbuk Fe menggumpal. Porositas material juga tidak terlihat jelas karena nilainya sangat kecil sekali.



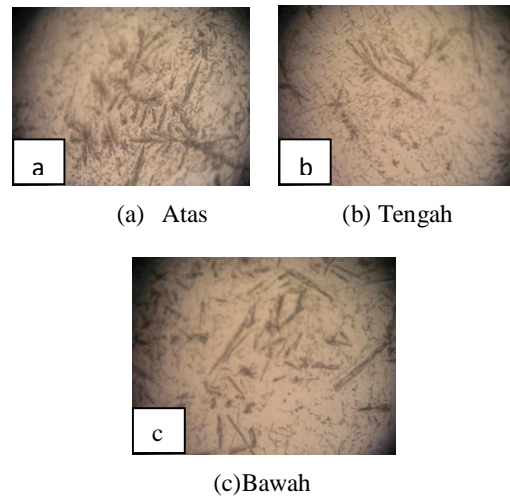
Gambar 12. Struktur mikro Al-Fe 15% pada holding time 1 jam.

Dari Gambar 12 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 15% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 •C dengan *holding time* 1 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata dan menggumpal pada masing-masing pengujian. Distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah, hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material, dari gambar diatas terlihat kurang banyaknya serbuk Fe yang tercampur karena banyaknya komposisi Fe 10% dan kurang lembut serbuk Fe pada saat proses pengayakan yang menyebabkan serbuk Fe menggumpal. Porositas material juga tidak terlihat jelas karena nilainya sangat kecil sekali.



Gambar 13. Struktur mikro Al-Fe 15% pada holding time 2 jam.

Dari Gambar 13 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 15% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 •C dengan *holding time* 2 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata pada masing-masing posisi pengujian. Dari gambar diatas distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah. Hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material. Struktur mikro pada material memperlihatkan distribusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang). Porositas material juga tidak terlihat karena nilainya sangat kecil sekali.



Gambar 14. Struktur mikro Al-Fe 15% pada holding time 4 jam.

Dari Gambar 14 menunjukkan struktur mikro dari Al-Fe 15% yang mengalami penuaan (aging) pada temperatur 180 •C dengan *holding time* 4 jam. Hasil foto mikro menunjukkan adanya distribusi Fe didalam matriks Al relatif tidak merata pada masing-masing posisi pengujian. Dari gambar diatas distribusi Fe paling banyak terdapat pada bagian bawah. Hal ini menguatkan hasil pengujian kekerasan material. Struktur mikro pada material memperlihatkan distribusi Fe (gelap) didalam matriks Al (terang). Porositas material juga tidak terlihat karena nilainya sangat kecil sekali.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data dan analisa pengujian pengerasan permukaan Al-Fe 5%, 10% , dan 15% dengan penuaan (aging) dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 4 jam, maka dapat diambil kesimpulan guna menjawab tujuan dari penulisan tugas akhir ini yakni sebagai berikut :

1. Komposit Al ó Fe yang telah melalui prosesperlakuan panas berdasarkan variasi waktu penahanan mampu meningkatkan nilai kekerasan dan mempengaruhi bentuk struktur mikro material komposit Al-Fe.
2. Berdasarkan pengaruh *holding time* pada material komposit Al-Fe dapat disimpulkan bahwa semakin banyak prosentase serbuk besi pada percampuran material komposit Al-Fe maka nilai kekerasan yang dihasilkan semakin tinggi.

REFERENSI

- [1]. Surdia, T., Shinroku S., (1995), *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita
- [2] Utama. (2009), *Tugas Akhir : Pengaruh Penambahan Cu (1 %, 3 %, dan 5%) Pada Aluminium Dengan Solution Heat Treatment Dan Natural Aging Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis*, Surakarta: UMS.
- [3]. Anggreani, Yuni, (2010), *Besi, SMAI YAPPAS AL-BAROKAH*, Tasikmalaya.
- [4]. Kartaman, M., (2010), *Fabrikasi Komposit Al/Al₂O₃ Coated dengan Metode Stir Casting dan Karakterisasinya*, Depok: Universitas Indonesia.
- [5]. Hasyim, J., *The Production of Cast Metal Matrix Composite By a Modified Stir Casting Method*, Jurnal Teknologi, 35(A) Dis.2001: Universiti Teknologi Malaysia.