

PENGARUH PROSES EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING (ECAP) TERHADAP STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM

*Muhammad Khairul Rais¹, Rusnaldy², Norman Iskandar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: muhammadkhairulrais@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah laluan pada proses *equal channel angular pressing* (ECAP) terhadap struktur mikro aluminium. Batang aluminium dengan diameter 12 mm dan panjang 50 mm diberikan perlakuan 1, 3, 5, dan 7 kali proses ECAP pada cetakan ECAP dengan sudut 120°. Rute yang digunakan adalah rute A (tidak diputar). Proses ECAP dilakukan dengan menggunakan pelumas *lithium molybdenum grease*. Struktur mikro aluminium sebelum dan sesudah ECAP diamati dan dibandingkan. Hasilnya menunjukkan bahwa setelah 1x proses ECAP, butir aluminium terlihat menjadi lebih pipih dan seperti mengikuti satu garis lurus. Setelah 3x proses ECAP butir aluminium terlihat menjadi lebih halus. Sedangkan untuk spesimen hasil 5x dan 7x proses ECAP tidak terlihat perubahan struktur mikro yang signifikan pada aluminium.

Kata Kunci: aluminium, ECAP, struktur mikro

Abstract

This experiment is conducted to know the effects of numbers of pass in Equal Channel Angular Pressing process on the microstructure of aluminium. Aluminium rod with 12 mm of diameter and 50 mm of length is treated with 1, 3, 5 and 7 passes of ECAP on a die with an angle of 120°. The route used in this experiment is route A (no rotation). ECAP process is done with lithium molybdenum grease lubrication. Aluminium microstructure before and after ECAP is examine and compared. The result shows that after 1 pass of ECAP the grain become more flat and seem to follow one straight line. After 3 passes the grain become more fine. As for specimen after 5 and 7 passes the changes of aluminium micorstructure is not significant..

Keywords: aluminum, ECAP, microstructure

1. Pendahuluan

Alumunium merupakan suatu logam dengan densitas yang rendah, memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi, serta mempunyai ketahanan terhadap korosi. Aluminium juga memiliki sifat kemampubentukan (formability) yang sangat baik karena sifatnya yang ulet (ductile). Kekuatan mekanis alumunium dapat ditingkatkan dengan cara pengerjaan dingin (cold work) dan penambahan unsur-unsur paduan. Akan tetapi kedua metode ini cenderung menghilangkan ketahanan alumunium terhadap korosi. Unsur-unsur paduan yang biasa ditambahkan adalah mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), magnesium (Mg), dan silikon (Si) [1].

Salah satu metode untuk mendapatkan sifat mekanis yang baik tanpa menambahkan paduan adalah teknik penghalusan butir. Butir yang halus dapat dihasilkan dengan cara memberikan regangan plastis yang besar pada material. Salah satu metode untuk menghaluskan butir adalah Equal Channel Angular Pressing (ECAP). ECAP merupakan suatu proses dimana material uji diberikan regangan plastis menggunakan penekan dalam cetakan yang memiliki alur yang cukup halus. Keunggulan proses ini adalah tidak adanya pengurangan luas penampang pada benda kerja setelah melalui proses ECAP. Oleh karena itu proses ini dapat dilakukan berulang kali sampai didapatkan nilai regangan yang diinginkan tanpa mengubah ukuran dari benda kerja [2].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah proses ECAP terhadap struktur mikro aluminium.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Pada penelitian ini *dies* untuk proses ECAP mempunyai alur dengan diameter 12 mm serta sudut 120°, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Percobaan ini dilakukan dengan memasang *dies* pada *universal testing machine*

dengan kapasitas penekanan 1000 kN, seperti yang terlihat pada **Gambar 2**. Proses ECAP dilakukan dengan menggunakan pelumas *lithium molybdenum grease*.

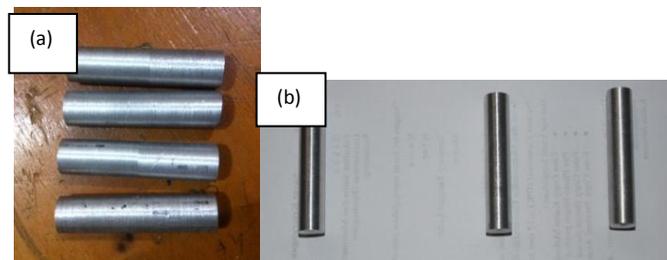


Gambar 1. Dies ECAP



Gambar 2. Dies terpasang di *Universal Testing Machine*

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium. Ada dua macam aluminium yang digunakan, yaitu aluminium cor dan aluminium 1350 temper O. Kedua material ini dibut hingga mempunyai dimensi akhir $d = 12$ mm dan $p = 50$ mm. **Gambar 3** menunjukkan spesimen percobaan ECAP. Kedua spesimen diberikan proses ECAP menggunakan rute A (spesimen tidak diputar) dan dilakukan dengan 1, 3, 5, dan 7 kali pengulangan proses.



Gambar 3. Spesimen Percobaan Proses ECAP (a) Aluminium Cor (b) Aluminium 1350 temper O

Setelah diproses, spesimen kemudian disiapkan untuk pengujian mikrografi. Setiap spesimen dipotong dengan ukuran seperti yang tertulis pada **Tabel 1**. Kemudian spesimen dietsa dengan menggunakan larutan etsa *Keller's*, dengan komposisi 2,5 mL HNO_3 , 1mL HF, 1,5 mL HCl, dan 95 mL aquades [3]. Titik pengamatan struktur mikro pada pengujian mikrografi ditunjukkan oleh **Gambar 4**.



Gambar 4. Titik Pengamatan Struktur Mikro (Dilingkari Merah)

Tabel 1. Tabel Ukuran Spesimen Pengujian Mikrografi

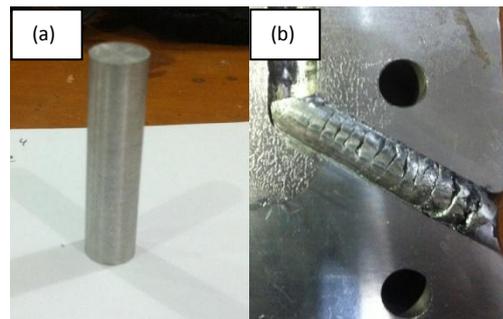
Ukuran spesimen pengujian mikrografi, d = 12 mm	
Spesimen 0 proses ECAP	t = 11.35 mm
Spesimen 1x proses ECAP	t = 10.30 mm
Spesimen 3x proses ECAP	t = 10.20 mm
Spesimen 5x proses ECAP	t = 6.70 mm
Spesimen 7x proses ECAP	t = 5.60 mm

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Spesimen Aluminium Cor

Gambar 5a dan **Gambar 5b** menunjukkan bentuk dan keadaan spesimen pada waktu sebelum dan sesudah dilakukan proses ECAP. Pada **Gambar 5b** terlihat spesimen mengalami retak, bahkan patah pada bagian ujung luar akibat proses ECAP. Ini disebabkan oleh adanya porositas pada spesimen yang terbuat dari aluminium cor, dan juga karena sifatnya yang getas (brittle) sehingga tidak dapat mengalami deformasi plastis selama proses ECAP, oleh karena itu pengulangan proses ECAP untuk spesimen aluminium cor tidak bisa dilanjutkan.

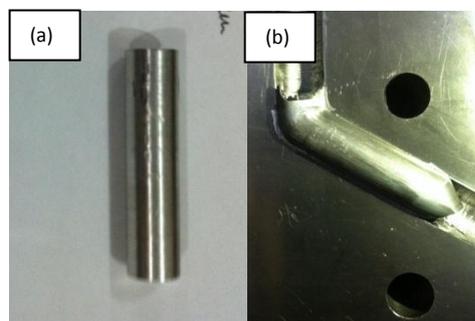
Walaupun spesimen menjadi retak namun terlihat pada **Gambar 5b** bahwa spesimen mengalami perbaikan tekstur permukaan menjadi lebih halus dan tampak mengkilap. Ini merupakan salah satu keuntungan dari proses ECAP [2].



Gambar 5. (a) Spesimen Aluminium Cor Sebelum Proses ECAP, (b) Spesimen Aluminium Cor Setelah Proses ECAP

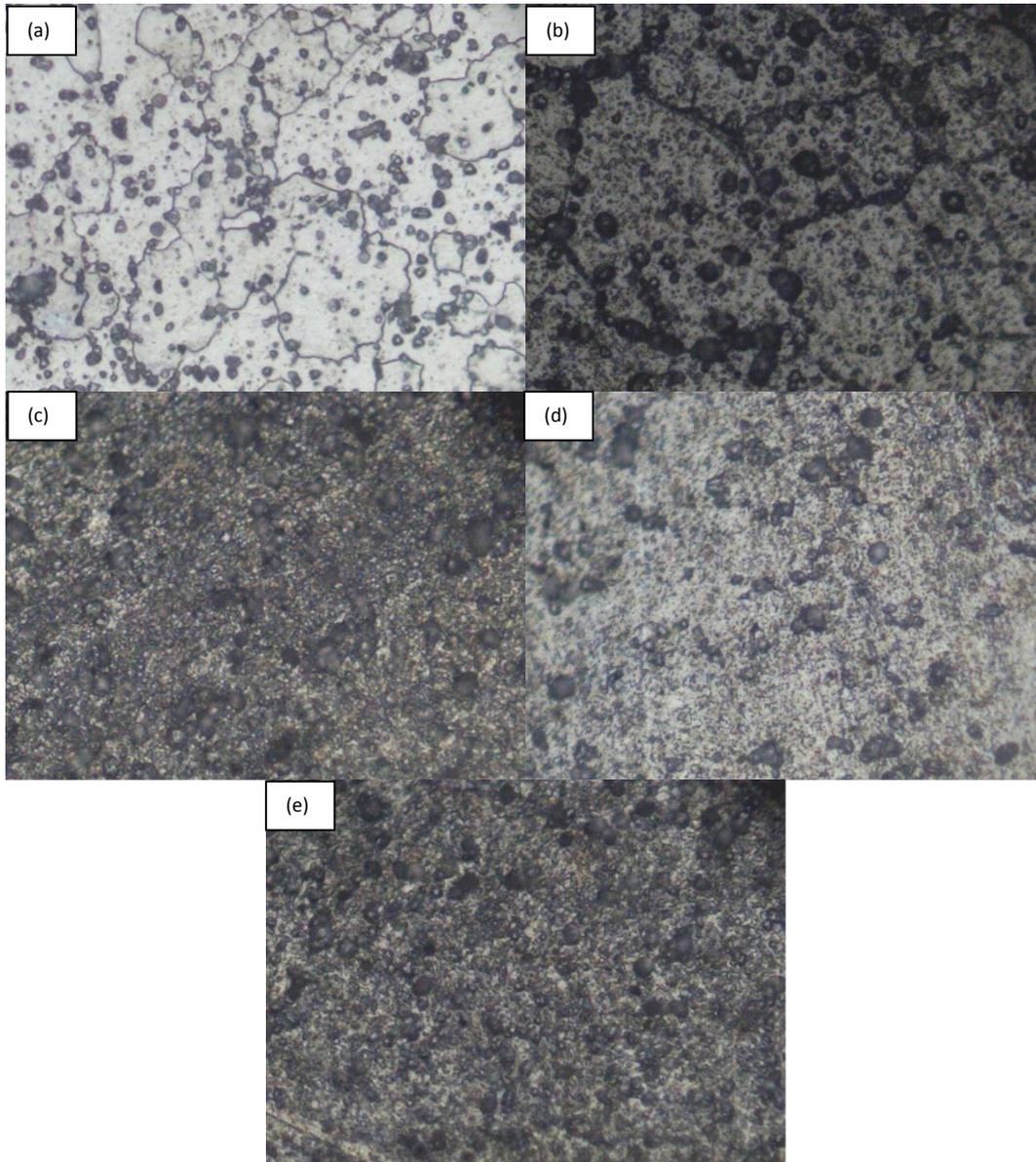
3.2 Spesimen Aluminium 1350 temper O

Bentuk fisik spesimen dari aluminium rod sebelum dilakukan proses ECAP tidak jauh berbeda dengan spesimen dari aluminium cor, seperti yang terlihat pada **Gambar 6a**. Tetapi spesimen ini menunjukkan hasil yang berbeda dengan spesimen dari aluminium cor setelah dilakukan proses ECAP, bentuk fisik spesimen dapat dilihat pada **Gambar 6b**. Ini disebabkan oleh sifatnya yang lebih ulet (ductile) dibandingkan dengan aluminium cor, sehingga mampu mengalami deformasi plastis tanpa mengalami kerusakan.



Gambar 6. (a) Spesimen Aluminium Rod Sebelum Proses ECAP (b) Spesimen Aluminium Rod Setelah Proses ECAP

Hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada **Gambar 7**. Gambar diambil menggunakan perbesaran 200x pada mikroskop optik. Pada Gambar terlihat bahwa semakin banyak proses ECAP yang dilalui maka ukuran butir menjadi semakin kecil, terlihat perbedaan pada material yang belum diproses (**Gambar 7a**) ukuran butir masih relatif besar, setelah melalui 1x proses (**Gambar 7b**) terlihat bahwa butir menjadi lebih besar dan terlihat menjadi lebih pipih dan mengikuti satu garis lurus. Ini disebabkan oleh adanya regangan plastis yang disebabkan oleh sudut cetakan, dan juga rute yang digunakan selama proses ECAP berlangsung. Setelah melalui 3x proses, terlihat butir menjadi lebih halus (**Gambar 7c**) dan semakin banyak proses ECAP (**Gambar 7d** dan **Gambar 7e**) yang diberikan maka butir menjadi lebih halus dan batas butir sulit untuk dilihat, sehingga memerlukan perbesaran yang lebih besar untuk dapat melihat batas – batas butirnya.



Gambar 7. Struktur Mikro 200x Perbesaran (a) Non Proses ECAP, (b) 1x Proses ECAP, (c) 3x Proses ECAP, (d) 5x Proses ECAP, (e) 7x Proses ECAP

Hasil uji mikrografi pada percobaan ini berbeda dengan apa yang dilaporkan oleh Saravanan, 2006 [4]. Pada percobaan ini perubahan yang signifikan pada struktur mikro terlihat setelah 3x proses, sedangkan Saravanan melaporkan perbedaan yang signifikan langsung terlihat setelah 1x proses. Ini disebabkan oleh perbedaan sudut pada cetakan atau *dies* yang digunakan untuk melakukan proses ECAP. Dalam percobaannya Saravanan memakai sudut 90°, sedangkan percobaan ini sudut yang digunakan adalah 120°. Rute yang digunakan untuk proses ECAP juga memiliki pengaruh pada kehalusan butir. Rute yang dipakai pada percobaan ini adalah rute A atau spesimen tidak diputar selama proses ECAP berlangsung, sehingga hasilnya butir tidak sehalus dibanding dengan menggunakan rute lain yang mengharuskan untuk memutar spesimen.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa banyaknya pengulangan proses ECAP pada aluminium berpengaruh terhadap kehalusan butir pada struktur mikro aluminium. Hal ini disebabkan oleh adanya dislokasi pada butir aluminium selama proses ECAP berlangsung. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penghalusan butir yang paling signifikan untuk ECAP dengan sudut cetakan 120° dan rute A adalah setelah 3x proses.

5. Daftar Pustaka

- [1] Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction* 7th Edition. John Wiley & Sons
- [2] Macheret, J., Herling, D.R., dan Schwarz, R.B. 1999. Equal Channel Angular Extrusion: Progress Report for March 1998 –May 1999. INEEL
- [3] Vander Voort, G.F. 1999. *Metallography: Principles and Practice*. ASM International
- [4] Saravanan, M., Pillai, R.M., Pai, B.C., Brahkumar, M., dan Ravi, K.R. 2006. Equal Channel Angular Pressing of Pure Aluminium - an Analysis. Indian Academy of Sciences