

Pengaruh *Cold Rolling* Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro *Aluminum Alloy AA 5052*

Ikhsan Budi Utomo¹, Kusmono¹

¹ Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281 Indonesia

Kata kunci:

Aluminium Alloy AA 5052, *cold rolling*, kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro

Email penulis:

ikhsanbud@gmail.com

Abstract

Kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro dari *Aluminum Alloy AA 5052* hasil pengecoran dan homogenisasi, dengan variasi pengurangan ketebalan 20 dan 40% pada proses *cold rolling* diteliti menggunakan uji tarik, *microhardness vickers* dan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, seiring dengan kenaikan presentase pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling*, nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan meningkat. Hasil dari pengamatan struktur mikro juga menunjukkan bahwa semakin besar nilai pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* menyebabkan ukuran butiran semakin mengecil. Pengurangan ketebalan 40% dari ketebalan awal, nilai kekuatan tariknya sebesar 206,17 MPa, dan nilai kekerasannya sebesar 88,015 kg/mm².

1. Pendahuluan

Paduan Al-Mg merupakan aluminium paduan yang banyak digunakan diberbagai sektor industri. Industri perkapalan, penerbangan, dan otomotif merupakan tiga sektor terbesar yang menggunakan material aluminium magnesium. Kemudahan untuk difabrikasi, ringan, tahan terhadap korosi dan harga yang terjangkau menjadi alasan penggunaan material aluminium magnesium [1]. Aluminium paduan AA 5052 diklasifikasikan sebagai aluminium kategori *non heat treatable*, dimana sifat mekaniknya tidak dapat dinaikkan melalui perlakuan panas (*aging*). Aluminium paduan AA 5052 tersusun dari unsur Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Cr, Zr dll. Unsur paduan utama dari aluminium paduan AA 5052 adalah magnesium (Mg) dengan presentase wt% sebesar 2,2-2,8 [2]. *Cold Rolling* merupakan proses penting pada pembuatan plat aluminium paduan. Pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* merupakan parameter terpenting proses pengerolan, karena mampu mempengaruhi sifat mekanik dari material aluminium paduan. Pengaruh pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* terhadap nilai kekuatan tarik, nilai kekerasan dan struktur mikro sangat penting untuk dipelajari [3].

Beberapa penelitian terkait *cold rolling* pada aluminium paduan AA 5052 telah dilakukan oleh peneliti, Zhu, dkk [4] melakukan penelitian pengaruh *cold rolling* dengan satu variasi pengurangan ketebalan terhadap struktur mikro dan sifat material AA 5052 yang diproduksi dengan *continuous casting*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* meningkatkan kekuatan tarik dari material dan menurunkan ukuran butiran dari material aluminium paduan AA 5052. Rangaraju, dkk [5] juga melakukan penelitian terkait pengaruh *cyro rolling* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dari aluminium murni. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cyro rolling* meningkatkan nilai *yield strength*, kekuatan tarik, dan nilai kekerasan dari material aluminium murni.

Kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro dari aluminium paduan AA 5052 hasil pengecoran, homogenisasi dan *cold rolling* dengan dua variasi pengurangan ketebalan diteliti secara sistematis pada penelitian ini. Hubungan antara kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro hasil proses pengerolan akan didiskusikan pada penelitian ini. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam peningkatan sifat mekanik material, sehingga dapat dikembangkan material plat aluminium paduan dengan performa yang tinggi untuk aplikasi di bidang keteknikan.

2. Metode Penelitian

Material yang diteliti pada penelitian ini adalah aluminium paduan AA 5052 dalam bentuk plat. Komposisi dari material aluminium paduan AA 5052 dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia aluminium paduan AA 5052. (%Wt)

Mg	Fe	Si	Cr	Mn	Cu	Al
2,367	0,314	0,115	0,220	0,080	0,008	Bal

Aluminium paduan AA 5052 dalam bentuk plat dilakukan proses *re-melting*. Material hasil *re-melting*, dipotong menggunakan *circular saw*, dengan hasil pemotongan berukuran 12 x 4 x 8 mm. Material hasil pemotongan dilakukan proses homogenisasi dengan cara memanaskan material pada temperatur 450°C selama 6 jam, kemudian didinginkan di udara. Pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* sebesar 20 dan 40% dari ketebalan awal. Ketebalan dari plat yang direduksi berubah dari 8 mm menjadi 6,4 mm dan 5,8 mm. Hasil proses pengerolan kemudian dipotong untuk dijadikan spesimen uji tarik, uji kekerasan dan uji struktur mikro.

Preparasi spesimen uji kekerasan dan uji struktur mikro, menggunakan *abrasive paper* grit 800, 1000, 2000 dan 5000. Proses etsa untuk melihat struktur mikro dari aluminium paduan AA 5052 hasil pengerolan, menggunakan NaOH 10 gram dalam 1 liter larutan NaOH. Proses etsa dilakukan dengan cara memberikan 1 tetes larutan NaOH menggunakan pipet, kemudian ditahan selama 2,5 menit. Material hasil etsa kemudian dibilas menggunakan air. Analisis struktur mikro pada penelitian ini menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x. Pengujian kekerasan menggunakan *micro hardness vickers* dengan beban 50 gram, dan lama indentasi 15 detik. Jumlah titik yang diambil pada uji kekerasan sebanyak 10 titik untuk masing-masing spesimen. Pengujian tarik menggunakan mesin servopulser, dimensi dari spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM E8 dengan panjang gauge length sebesar 30 mm. Pembebanan uji tarik sebesar 200 ton. Spesimen uji tarik untuk masing-masing variasi berjumlah empat spesimen.

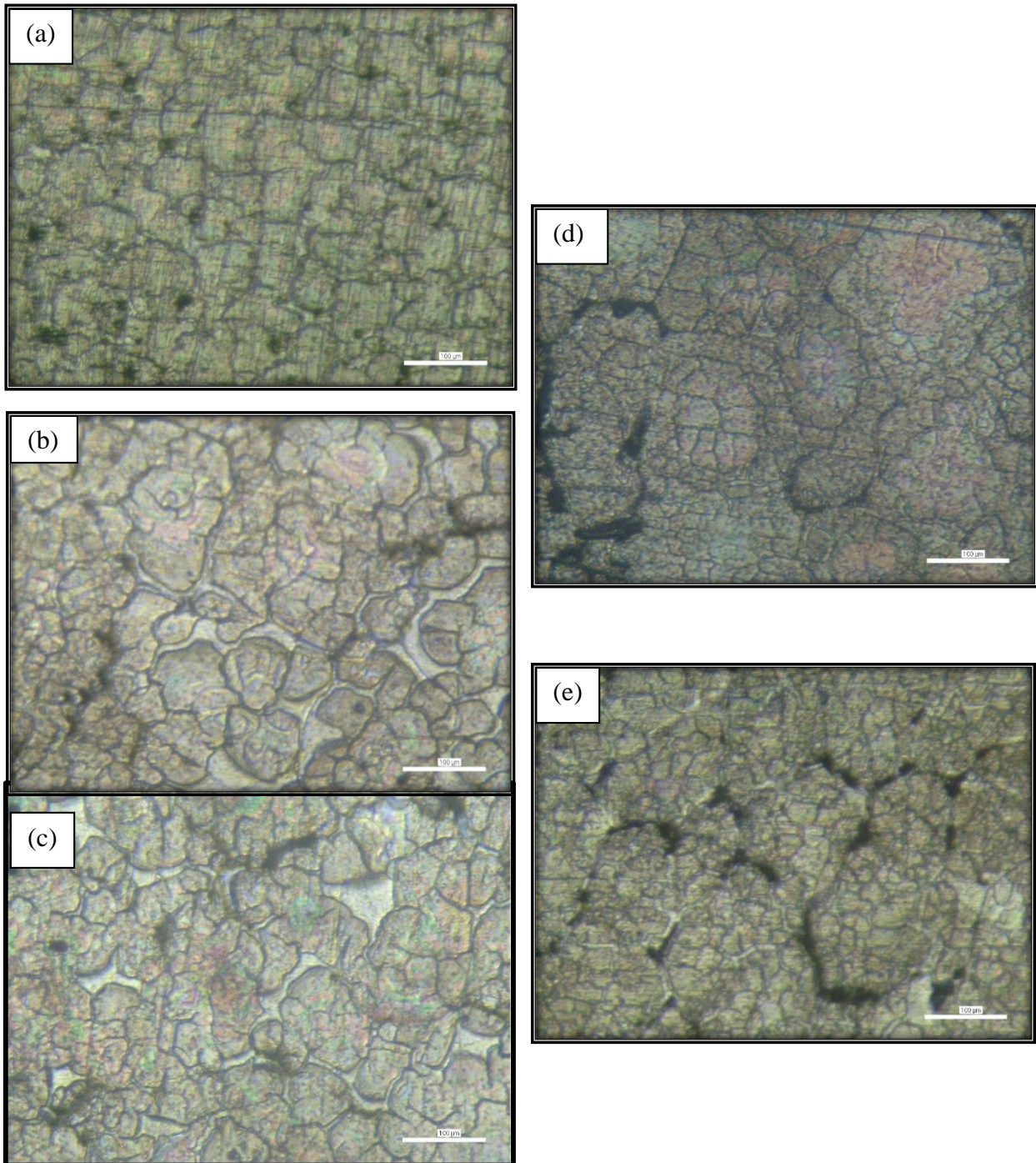
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Struktur Mikro

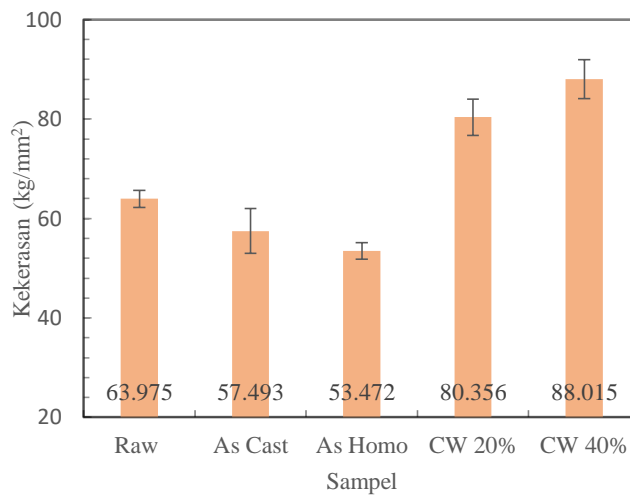
Hasil pengamatan struktur mikro dari *raw material*, *as cast*, *as homogenization*, *cold rolling 20%*, dan *cold rolling 40%* ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil struktur mikro, ukuran butiran pada *raw material* terlihat jelas batas butir dan tersusun rapi antara satu butir dengan butir lainnya. Hasil pengamatan dari struktur mikro, menunjukkan adanya fase α dan $\alpha+Al_2Mg_3$, seperti pada *raw material* yang ditunjukkan pada Gambar 1(a) Struktur mikro material hasil pengecoran pada Gambar 1(b), secara visual menunjukkan adanya *intermetallic* yang terdapat pada batas butir. Hasil homogenisasi juga menunjukkan gambar yang mirip dengan hasil struktur mikro pada material *casting*. Berdasarkan Gambar 1(c), proses homogenisasi mengurangi porositas akibat proses pengecoran. Struktur mikro dari material yang telah mengalami proses *cold rolling*, secara visual berukuran semakin mengecil, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(d) dan 1 (e). Ukuran butiran dari material yang mengalami proses *cold rolling* dengan pengurangan ketebalan sebesar 40% dari ketebalan awal, lebih kecil ukuran butirannya dari pada material yang mengalami proses *cold rolling* dengan pengurangan ketebalan sebesar 20% dari ketebalan awal. Pengurangan ukuran butiran ini disebabkan karena adanya *work hardening* ketika proses *cold rolling*. Mengecilnya ukuran butiran akan mempengaruhi secara langsung terhadap hasil pengujian tarik dan hasil uji kekerasan. Material dengan ukuran butiran yang semakin mengecil, nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasannya akan semakin meningkat.

3.2 Kekerasan

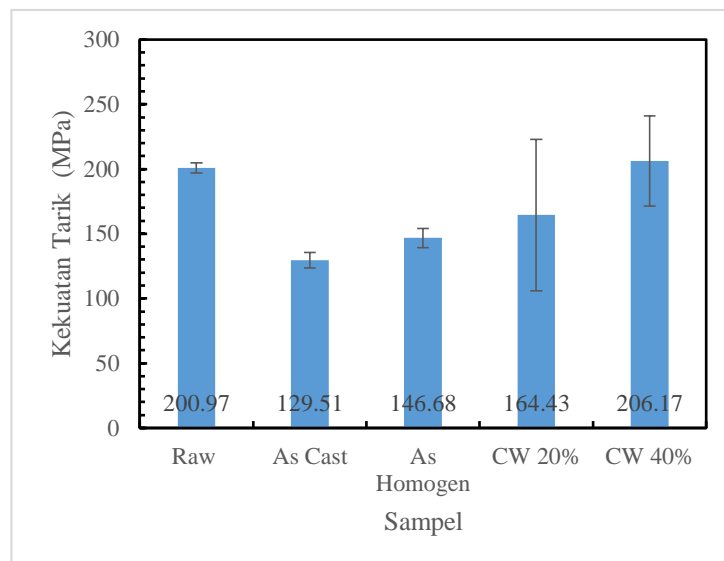
Gambar 2 menyajikan nilai kekerasan dari *raw material*, *as cast*, *as homogenization*, *cold rolling 20%*, dan *cold rolling 40%*. Gambar 2 juga memberikan informasi bahwa nilai kekerasan material setelah dilakukan proses homogenisasi menurun dari 57,49 menjadi 53,47 kg/mm² (HV). Penurunan tersebut terjadi karena proses homogenisasi menyebabkan beberapa fase kedua dan dendrit terlarut atau tidak muncul, sehingga proses segregation berkurang dan nilai kekerasan menjadi lebih kecil dari nilai kekerasan hasil pengecoran [6]. Nilai kekerasan meningkat secara signifikan pada material hasil homogenisasi yang dilakukan proses *cold rolling* dengan pengurangan ketebalan sebesar 20% dan 40% dari ketebalan awal. Peningkatan nilai kekerasan sebesar 28,45 % untuk CW 20 % dan 42,96 % untuk CW 40 %. Peningkatan nilai kekerasan tersebut disebabkan karena adanya efek *work hardening* yang dihasilkan oleh proses *cold working*. Efek yang dihasilkan oleh adanya *work hardening*, menyebabkan ukuran butiran menjadi lebih kecil, sehingga ketahanan dislokasi meningkat. Meningkatnya ketahanan terhadap dislokasi menyebabkan meningkatnya nilai kekerasan pada material [7]



Gambar 1. Hasil pengamatan struktur mikro, (a) *Raw Material*, (b) *As Cast*, (c) *As Homogenization*, (d) *Cold Rolling 20%*, (e) *Cold Rolling 40%*.



Gambar 2. Nilai kekerasan untuk sampel *raw material*, *as cast*, *as homogenization*, *cold rolling* 20%, dan *cold rolling* 40% .



Gambar 3. Hasil uji Tarik sampel *raw material*, *as cast*, *as homogenization*, *cold rolling* 20%, dan *cold rolling* 40% .

3.3 Kekuatan Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik, ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar 3 juga memberikan informasi bahwa, kekuatan tarik dari *raw material* menurun ketika dilakukan proses pengecoran. Penurunan nilai kekuatan tariknya dari 200,97 MPa ke 129,51 MPa, atau sebesar 35,5 %. Penurunan nilai kekuatan tarik tersebut disebabkan oleh adanya porositas yang dihasilkan pada proses pengecoran [8]. Kekuatan tarik material hasil pengecoran yang mengalami proses homogenisasi meningkat dari 129,51 MPa ke 146,68 MPa. Peningkatan kekuatan tarik setelah mengalami proses homogenisasi disebabkan oleh berkurangnya porositas yang terjadi pada material hasil pengecoran. Berkurangnya porositas, menyebabkan kekuatan tarik meningkat [9]. Kekuatan tarik material hasil homogenisasi yang dilakukan proses *cold rolling* dengan pengurangan ketebalan sebesar 20% dan 40% dari ketebalan awal juga mengalami peningkatan. Peningkatan nilai kekerasan akibat *cold rolling* sebesar 10,8% atau dari 146,68 MPa ke 164,43 MPa dan sebesar 28,8% atau dari 146,68 MPa ke 206,17 MPa untuk pengurangan ketebalan 20% dan 40% dari ketebalan awal. Peningkatan nilai kekuatan tarik akibat proses *cold rolling* disebabkan oleh adanya proses *work hardening*. Proses *work hardening* menyebabkan ukuran butiran mengalami pengecilan. Berdasarkan persamaan Hall-Petch semakin kecil ukuran butiran suatu material, maka kekuatannya akan semakin meningkat. Persamaan Hall-Petch tersebut adalah:

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{K}{\sqrt{d}} \quad (1)$$

dimana K adalah koefisien kekuatan, σ_0 adalah konstanta material yang menunjukkan tegangan awal ketika dimulainya gerakan dislokasi, dan d adalah ukuran dari butiran [10].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa: Semakin besar nilai pengurangan ketebalan pada proses *cold rolling* menyebabkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik material semakin meningkat. Nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik terbesar terjadi pada material dengan pengurangan ketebalan sebesar 40% dari ketebalan awal, nilai kekerasan tersebut sebesar 88,015 HVN (kg/mm^2) dan nilai kekuatan tarik sebesar 206,17 MPa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboratorium bahan teknik departemen teknik mesin dan industri UGM yang telah memfasilitasi penulis dalam melakukan proses pengerollan, *annealing*, dan pengujiannya terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- TAN L, ALLEN T R. Effect of thermomechanical treatment on the corrosion of AA 5083 [J]. Journal of Corrosion Science, 2010, 52: 548-554.
- ASTM INTERNATIONAL. Standard Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate, 2004, B209-04:1-29.
- WANG B, CHEN X H, PAN F S, MAO J J, FANG Y. Effect of cold rolling and heat treatment on microstructure and mechanical properties of AA 5052 aluminum alloy [J]. Transaction of Nanoferrous Metals Society of China, 2015, 25: 2481-2489.
- ZHU H L, GHOSH A K, MARUYAMA K C. Effect of cold rolling on microstructure and material properties of 5052 alloy sheet produced by continuous casting [J]. Materials Science and Engineering, 2006, 419: 115-121.
- RANGARAJU N, RAGHURAM T, KRISHNA T R, RAO K P, VENUGOPAL P. Effect of cyro-rolling and annealing of commercially pure aluminium [J]. Materials Science and Engineering, 2005, 398: 246-251.
- ZHANG J, ZHAO J, ZUO R. Investigation on homogenization annealing tretment of 5052 based aluminum alloys [J]. Indian Journal of Engineering & Materials Science, 2017, 24: 57-62.
- Yaqin, R. I., Iswanto, P. T., Priyambodo, B. H., & Kondi Maliwemu, E. U. (2017). Pengaruh durasi shot peening terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan pada AISI 316L. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Kedirgantaraan (SENATIK), III*, 0-4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.28989/senatik.v3i0.120>
- ISMAILOV M B, RAMAZANOVA Z M, NIGMETCHANOVA G B, TOLENDYULY S, MUSTAFA L M. Effect of the Porosity Range its Nature on Mechanical Properties of Magnesium Alloys Mg-Al-Zn [J]. Eurasian Chemico-Technological Journal, 2016, 18: 67-71.
- CAO H, HAO M, SHEN C, LIANG P. The influence of different vacuum degree on the porosity and mechanical properties of aluminum die casting [J]. Vacuum, 2017, 146: 278-281.
- PANAGOPOULUS C N, GEORGIEU E P, Cold rolling and lubricated wear of 5083 aluminium alloy [J]. Materials Science and Design, 2010, 31: 1051-1055.