



Jurnal Artikel

Kekuatan Tarik Paduan Al 2024-T3 Dan Al 2524-T3 Yang Telah Mengalami Proses Stretching, Chemical Milling Dan Shot Peening

Yovial Mahyoedin^{1*}, Jamasri², Wenny Marthiana¹, Duskiardi¹, Rizky Arman¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Padang

²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta

*yovial@bunghatta.ac.id

Artikel Info - : Received : 2 Aug 2020; Revised : 28 Aug 2020; Accepted: 31 Aug 2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku uji tarik produk Al 2524-T3 dan Al 2024-T3 yang mengalami proses peregangan, chemical milling dan shot peening. Paduan ini diregangkan melebihi tegangan yeildnya masing-masing 1%, 3% dan 5%, kemudian dilakukan proses chemical milling satu sisi. Etsa yang digunakan dalam proses milling kimia adalah larutan NaOH + Na₂S + H₂O dengan konsentrasi tertentu. Pada permukaan dilakukan proses shot peening dengan variasi intensitas masing-masing 0,03 A, 0,05 A dan 0,07 A. Material tersebut kemudian diuji sifat mekaniknya dengan uji tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan ultimate dan tegangan yield material meningkat dengan meningkatnya persentase regangan. Namun, perpanjangan juga meningkat yang menunjukkan bahwa proses peregangan justru meningkatkan keuletan. Di sisi lain, proses shot peening menurunkan elongasi yang mengindikasikan bahwa proses shot peening menyebabkan penurunan keuletan material.

Kata kunci: pengujian tarik, chemical milling, shot peening, stretching

Abstract

This study aims to investigate the tensile test behaviour of Al 2524-T3 and Al 2024-T3 product, which undergoes stretching, chemical milling and shot peening processes. These alloys were stretched beyond yield stress, namely 1%, 3% and 5% of each, and then performed chemical milling process of one side. The etching used in chemical milling process were NaOH+Na₂S+H₂O solutions with certain concentration. The surface was performed shot peening process with varying intensity of 0.03 A, 0.05 A and 0.07 A respectively. The material then tested its mechanical properties by tensile test. The results show that ultimate and yield stress of material increases with the increase of stretching percentage. However, the elongation has also increased which indicates that stretching process actually increases the ductility. On the other hand, the shot peening process decreases the elongation which indicates that the shot peening process causes a reduction in the ductility of the material.

Keywords: tensile tes, chemical milling, shot peening, stretching

1. PENDAHULUAN

Aluminium adalah logam dan unsur kimia paling melimpah ketiga di bumi, setelah oksigen dan silicon, dengan bobot lebih dari 8% [1]

Paduan aluminium banyak digunakan dalam produk dan aplikasi yang secara

teratur menyentuh kehidupan sehari-hari, dari aluminium foil kemasan makanan, kaleng aluminium minuman hingga komponen kendaraan darat dan pesawat.

Penggunaan luas paduan aluminium disebabkan oleh sifat yang diinginkan, kemudahan diproduksi dalam berbagai bentuk serta kemudahan didaur ulang dan

digunakan kembali tanpa henti, terutama untuk *airframe*, yang membutuhkan bahan ringan yang kuat, tahan lama dan ekonomis [2].

Meskipun teknologi PMC (*polymer matrix composite*) mengalami kemajuan pesat, tapi produsen pesawat masih melihat aluminium pada sebagian besar kebutuhan mereka, terutama struktur sayap atas dan *fuselage*. Jenis aluminium yang banyak digunakan untuk kebutuhan ini adalah Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 [2]

Penelitian ini bertujuan membandingkan kekuatan tarik kedua paduan aluminium tersebut setelah mengalami beberapa proses yang lazim dilakukan dalam industri pesawat yaitu *stretching*, *chemical milling* dan *shot peening*

2. METODOLOGI PENELITIAN

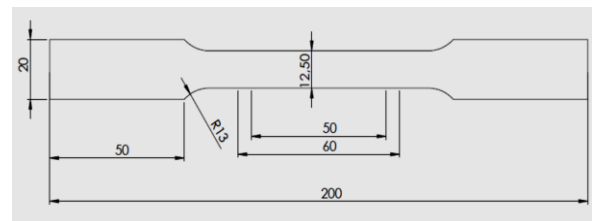
Paduan aluminium Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 dalam bentuk lembaran digunakan dalam pengujian tarik. Bahan ini telah digunakan dalam penelitian kekerasan dan kekasaran permukaan pada penelitian sebelumnya [3] dengan komposisi kimia yang sama.

Mula-mula, kedua paduan aluminium diberi perlakuan *stretching* sebesar 1%, 3% dan 5%. Prosentase *stretching* mengacu pada prosentase terhadap tegangan luluh bahan (σ_{vs}), yaitu penarikan dengan menggunakan tegangan yang beberapa persen lebih tinggi daripada tegangan luluhnya. Setelah itu, sebagian permukaan kedua paduan yang *distretching* tersebut dikikis dengan proses *chemical milling* setebal 0,2 mm. Proses *chemical milling* umumnya dibutuhkan untuk mengerjakan bagian tertentu material yang tidak mungkin dikerjakan dengan proses pemesinan biasa. Pengerjaan terakhir yang dilakukan pada kedua paduan tersebut adalah *shot peening*, yang melibatkan energi impak penembakan bola-bola baja berdiameter kecil pada permukaan bahan dengan kecepatan tinggi. *Shot peening* dilakukan

dengan intensitas shot yang bervariasi, yaitu 0,03 A, 0,05 A dan 0,07 A.

Spesimen pengujian tarik dibuat berdasarkan standard ASTM B-557. Gambar 1 menunjukkan dimensi bahan uji dengan standard ASTM B-557, seperti terlihat pada gambar 1. Tebal awal kedua paduan masing-masing adalah 2 mm dan 1,6 mm. Tebal spesimen uji setelah semua pengerjaan dilakukan menjadi 1,8 mm untuk Al 2024-T3 dan 1,4 mm pada Al 2524-T3.

Pengujian dilakukan dengan mesin servo pulsar dengan skala beban maksimum 2000 kgf.



Gambar 1. Dimensi spesimen dan Standard pengujian tarik ASTM B-557

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 dan 2 menunjukkan data pengujian tarik kedua paduan. Pengujian memberikan dua bentuk tegangan dengan tegangan *ultimate* sekaligus merupakan tegangan patah spesimen. Terdapat perbedaan ketebalan spesimen yang mempengaruhi nilai tegangan masing-masing paduan.

Tabel 1. Pengujian tarik Al 2024-T3

Proses	$\sigma_{ultimate}$	σ_{yield}	Elongation (%)	
Raw Material	482	366	0,180	
C				
M	464	381	0,184	
Stretching 1%	3A	473	368	0,180
	5A	474	373	0,176
	7A	475	381	0,169
	C			
M	476	381	0,191	
Stretching 3%	3A	478	368	0,180
	5A	480	377	0,158
	7A	481	381	0,155

	C			
	M	477	398	0,216
Stretching 5%	3A	481	373	0,155
	5A	484	394	0,155
	7A	485	398	0,144

Tabel 2. Pengujian tarik Al 2524-T3

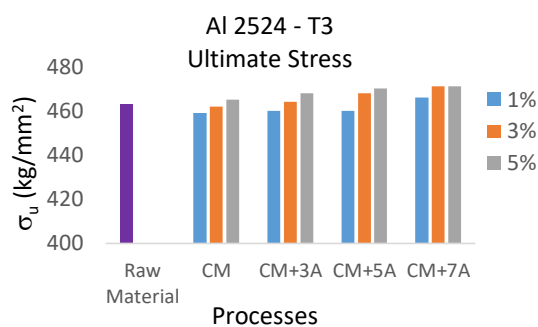
Proses		$\sigma_{ultimate}$	σ_{yield}	Elongation (%)
Raw Material		463	342	0,216
Stretching 1%	CM	459	347	0,184
	3A	460	352	0,187
	5A	460	358	0,191
Stretching 3%	7A	466	369	0,162
	CM	462	352	0,187
	3A	464	369	0,186
Stretching 5%	5A	468	369	0,198
	7A	471	369	0,187
	CM	465	363	0,205
Stretching 5%	3A	468	385	0,202
	5A	470	385	0,140
	7A	471	391	0,140

3.1. Efek Stretching

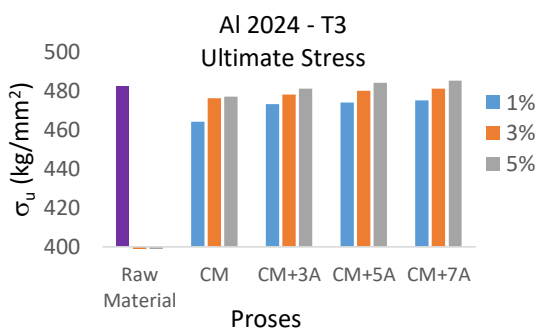
Hasil pengujian untuk tegangan *ultimate* dari kedua paduan ditunjukkan dalam Gambar 2 dan 3. Fenomena yang sama memperlihatkan makin tinggi prosentase *stretching* yang dilakukan pada bahan makin tinggi peningkatan tegangan *ultimate* dari bahan. Hasil ini menunjukkan bahan akan semakin kuat seiring dengan peningkatan prosentase *stretching*. Pada Al 2024-T3, *stretching* di atas 1% nampaknya tidak lagi signifikan dalam peningkatan tegangan *ultimate*. Hasil cukup baik terlihat pada paduan Al 2524-T3, karena peningkatan *stretching* hingga 5% bahkan mencapai nilai tegangan *ultimate raw material*. Perlu dicatat bahwa *raw material* tidak dikenai proses *chemical milling* sehingga lebih tebal 0,2 mm daripada spesimen yang berperan dalam perhitungan tegangan.

Tegangan sisa pada bahan tidak bisa dihindari karena timbul akibat proses pembuatan logam lembaran. Tapi pengurangan tegangan sisa pada bahan dapat dilakukan dengan proses pengerjaan tertentu, satu diantaranya adalah proses perentangan (*stretching*) dengan prosentase

tertentu hingga terjadi deformasi plastis pada bahan. Proses perentangan diharapkan dapat mengurangi distorsi yang terjadi sekecil mungkin setelah benda kerja dikenakan proses *chemical milling*. Di pihak lain, proses *chemical milling* sering hanya dilakukan pada satu sisi permukaan bahan, sehingga distribusi tegangan sisa yang tidak merata menimbulkan tegangan tarik pada satu sisi permukaan dan tegangan tekan pada sisi yang lain [4]. Nampaknya *stretching* yang diberikan bekerja mereduksi tegangan sisa yang terdapat pada bahan, yang pada gilirannya dikompensasikan dalam peningkatan kekuatan bahan.



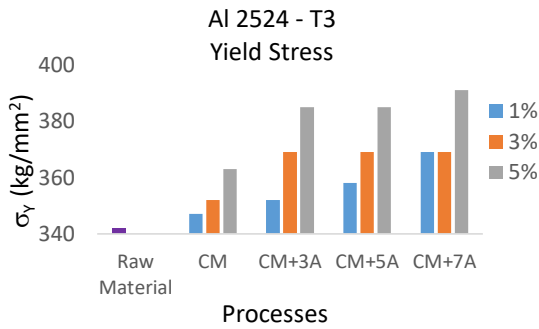
Gambar 2. Tegangan *ultimate* Al 2524-T3



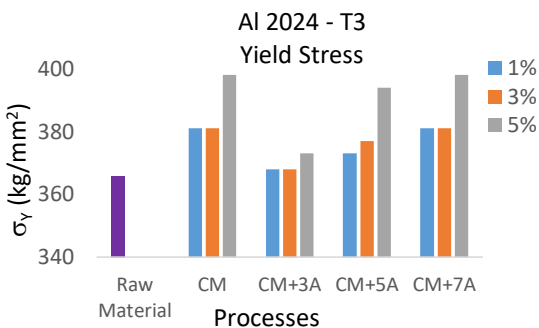
Gambar 3. Tegangan *ultimate* Al 2024-T3

Gambar 4 dan 5 menunjukkan hasil tegangan *yield* kedua paduan. Peningkatan prosentase *stretching* juga meningkatkan nilai tegangan *yield*. Tegangan *yield* menyatakan ketegaran material. Benda tegar merupakan benda yang memiliki susunan materi yang stabil dan tidak berubah saat dikenai gaya atau torsi. Hasil ini menunjukkan peningkatan prosentase *stretching* meningkatkan ketegaran material dalam arti bahan tidak mudah

mengalami lentur. Fenomena ini sekaligus menunjukkan terjadinya pengerasan regangan ketika material ditarik melewati batas luluhnya.



Gambar 4. Tegangan yield Al 2524-T3



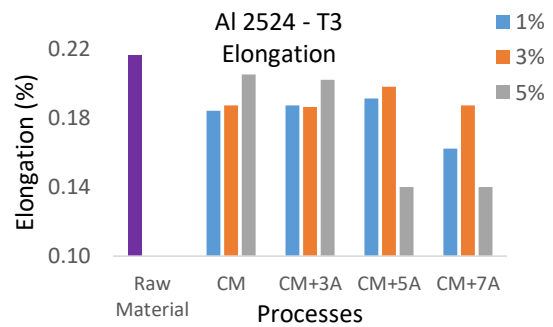
Gambar 5. Tegangan yield Al 2024-T3

Hasil menarik ditunjukkan oleh nilai elongation kedua paduan, seperti pada gambar 6 dan 7. Peningkatan prosentase stretching diikuti oleh peningkatan elongation, yang menunjukkan keuletan bahan juga meningkat seiring peningkatan prosentase stretching. Nampaknya distribusi tegangan sisa yang tidak merata pada proses chemical milling berperan penting dalam mengkompensasi stretching yang diberikan pada bahan dengan peningkatan elongation ini. Hasil tersebut nampaknya sekaligus belum menunjukkan batas maksimum prosentase stretching.

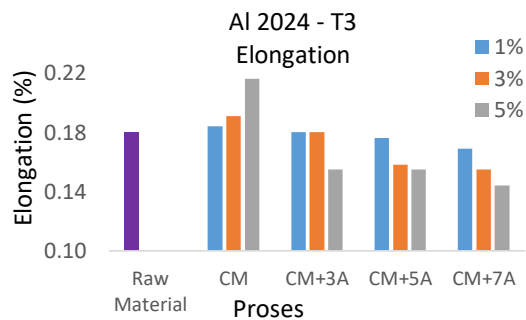
3.2. Efek Shot peening

Dilain pihak, peningkatan kekuatan bahan juga meningkat seiring dengan peningkatan intensitas shot peening, seperti ditunjukkan pada gambar 2 dan 3. Hal ini dimungkinkan karena kenaikan intensitas shot berarti bertambahnya energi tumbukan yang diberikan pada permukaan material [5]. Akibatnya, deformasi plastis

yang terjadi pada permukaan material makin besar. Defromasi yang terjadi itu akan menyebabkan kerapatan dislokasi bertambah, yang selanjutnya mengakibatkan penumpukan dislokasi pada bidang lurus. Penumpukan itu menyebabkan kerapatan dislokasi yang tinggi, sehingga pergerakan dislokasi akan saling menghambat; dengan kata lain, dislokasi yang stuck mengakibatkan material menjadi keras dan kuat [6].



Gambar 6. Elongation pada Al 2524-T3



Gambar 7. Elongation pada Al 2024-T3

Tegangan yield juga menunjukkan peningkatan yang signifikan akibat peningkatan intensitas shot, seperti ditunjukkan pada gambar 4 dan 5. Peningkatan tegangan yield bahkan melebihi tegangan yield raw material. Nampaknya proses impact shot peening memberikan penumpukan dislokasi yang lebih massif dalam material, sebelum melewati plastisitasnya.

Peningkatan kekuatan pada material akan diikuti oleh penurunan keuletan dan ketangguhan bahan, yang terlihat pada gambar 5 dan 6, pada bagian intensitas shot peening. Hasil pengujian menunjukkan makin tinggi intensitas shot

peening, makin kecil *elongation* yang dialami bahan. Fenomena ini menyatakan bahwa makin rendah prosentase *elongation*, bahan akan semakin getas. Nampaknya, tegangan tekan pada permukaan bahan akibat proses *shot peening* telah menyebabkan lapisan permukaan bahan mengalami deformasi plastis lebih awal, sampai kedalaman tertentu, sehingga menghasilkan tegangan sisa tekan. Tegangan sisa tekan dan impak yang menimbulkan kepadatan bahan meningkat nampaknya berperan dalam meningkatkan kekerasan bahan, yang pada gilirannya mengakibatkan kegetasan bahan.

4. KESIMPULAN

Pengujian tarik dilakukan pada kedua paduan aluminium Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 yang diberi proses *stretching*, chemical milling dan *shot peening*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses *stretching* meningkatkan tegangan *ultimate* dan *yield*, tapi tidak mengurangi keuletan pada bahan. Sebaliknya, proses *shot peening* selain meningkatkan tegangan *ultimate* dan *yield* bahan, juga sekaligus mengurangi keuletan bahan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Damage Bert L. Smith, Tanya L. Z. Flores and Ala L. Hijazi. 2005. *Link-Up Strength of 2524-T3 and 2024-T3 Aluminum Panels with Multiple Site*. Journal of Aircraft. 42(2)
- [2] W. Cassada, J. Liu and J Staley. 2002. *Aluminum alloys for aircraft structure*. Alcoa Center, Pennsylvania
- [3] Yovial, Jamasri, Rizky A. Wenny M., Suryadimal. 2020. *Pengaruh Shot Peening Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Produk Chemical Milling Paduan Aluminium Yang Telah Di Stretching*. Jurnal Kajian Teknik Mesin. 5(1)
- [4] Birhan S., R. Gaddam, J. J. Roa, Antonio M., M. Antti., R. Pederson, 2016, *Chemical milling effect on the low cycle fatigue properties of cast Ti– 6Al–2Sn–4Zr–2Mo alloy*. International Journal of Fatigue, 92(1), 193-202
- [5] Vinod L. H, Shivashankar R. S., 2018, *Sheet Metal Forming Processes – Recent Technological Advances*, Material today: proceedings, 5(1): 2564-2574
- [6] Rui N., Teresa D, Jorge L. Alves, F. Torres, J. Pinto, 2017, *Effect of the chemical milling process on the surface of titanium aluminide castings*, Ciência & Tecnologia dos Materiais, 29(1), e40-e45