



Jurnal Artikel

**Pengaruh Shot Peening Terhadap Kekerasan Dan Kekasaran Produk Chemical Milling Paduan Aluminium Yang Telah Di Stretching**

Yovial<sup>1</sup>, Jamasri<sup>2</sup>, Rizky Arman<sup>1</sup>, Wenny Marthiana<sup>1</sup>, Suryadimal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada

<sup>1</sup>yovial@bunghatta.ac.id

\*Corresponding author – yovial@bunghatta.ac.id

Artikel Info - : Received : ; Revised : ; Accepted:

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh shot peening terhadap kekasaran permukaan produk pembuatan kimia Al 2524-T3 dan Al 2024-T3 yang telah diregangkan. Paduan ini direntangkan melampaui tegangan luluh, yaitu masing-masing 1%, 3% dan 5%, dan kemudian dilakukan proses penggilingan kimia di satu sisi. Etching yang digunakan dalam proses penggilingan kimia adalah larutan NaOH + Na<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi tertentu. Permukaan dilakukan proses shot peening dengan intensitas yang bervariasi masing-masing 0,03 A, 0,05 A dan 0,07 A. Bahan itu kemudian diuji kekasaran permukaan dan kekerasannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekasaran permukaan dan kekerasan material meningkat dengan meningkatnya intensitas peening. Namun, ketebalan Al 2524-T3, yang lebih tipis dari Al 2024-T3 menyebabkan tidak signifikannya proses peening shot yang diberikan pada material..

**Kata kunci:** Shot Peening, Chemical Milling, Kekerasan, Kekasaran Permukaan

**Abstract**

This study aims to investigate the influence of shot peening on hardness and surface roughness of chemical milling product Al 2524-T3 and Al 2024-T3 which have been stretched. 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+Na<sub>2</sub>S+H<sub>2</sub>O 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 were then tested its surface roughness and hardness. The results show that surface roughness and hardness of material increases with the increase of peening intensity. However, the thickness of Al 2524-T3, which is thinner than Al 2024-T3 causing insignificance of the shot peening process given to the materials.

**Keywords:** Shot Peening, Chemical Milling, Hardness, Surface Roughness

## 1. PENDAHULUAN

Lembaran logam banyak digunakan pada industri pesawat terbang dan otomotif terutama untuk komponen-komponen yang relatif lebar dengan bobot yang ringan. Lembaran logam dibentuk dengan menggunakan beberapa proses, untuk menghasilkan perubahan yang diinginkan, dari bentuk sederhana ke bentuk yang lebih

kompleks (Vinot dan Shivashankar, 2018, Gottschalk dan Hirt, 2016).

Pada umumnya, komponen-komponen lembaran logam pada pesawat terbang karena bentuknya yang tipis dan lebar, dikerjakan dengan proses chemical milling, yaitu proses pengikisan non tradisional yang menggunakan larutan kimia sebagai media karena pengerjaan dengan proses pemesinan biasa tidak memungkinkan

(Phillippe dkk, 2013)

Material yang dikerjakan dengan proses chemical milling, umumnya paduan aluminium dan magnesium, akan mengalami distorsi karena distribusi tegangan sisa yang tidak merata akibat pelepasan tegangan sisa selama proses pengerjaan. Keadaan seperti ini dapat menimbulkan kerusakan pada komponen, karena adanya ketidakstabilan tegangan saat pemasangan komponen tersebut (Rui dkk, 2017)

Proses chemical milling juga cenderung menghasilkan retak mikro pada permukaan. Retak mikro pada material akan merambat jika material menerima siklus beban kerja dinamis sampai mencapai panjang retak kritisnya sehingga menyebabkan kerusakan menyeluruh yang dikenal sebagai gagal fatigue (Birhan dkk, 2016)

Tegangan sisa pada bahan tidak bisa dihindari karena timbul akibat proses pembuatan logam lembaran. Tegangan sisa yang dimiliki bahan salah satunya disebabkan oleh proses awal pembentukan dingin pada lembaran logam. Tegangan sisa yang timbul tidak selalu menguntungkan pada proses pembentukan lanjut. Dilain pihak, pada proses pembentukan lebih lanjut, permasalahan lain yang timbul adalah munculnya cacat/retak mikro pada material. 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. Penanganan yang dapat memberi pengaruh positif terhadap bentuk tegangan seperti itu adalah dengan memberi tegangan tekan pada permukaan bahan dengan

teknik seperti shot peening atau surface rolling. Dengan proses shot peening, lapisan permukaan bahan akan mengalami deformasi plastis sampai kedalaman tertentu sehingga menghasilkan tegangan sisa tekan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat material produk stretching Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 yang mengalami proses chemical milling yang kemudian di shot peening..

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan aluminium jenis Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 dalam bentuk lembaran, dengan komposisi kimia berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia paduan aluminium

Bahan	Komposisi Kimia (wt%)						
	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ti
Al 2024-T3	4.61	1,51	0.57	0.33	0.16	0.06	-
Al 2524-T3	1,0	0.03	0.05	0.1	0.3	0.3	0.03

Jenis spesimen untuk pengujian, masing-masing terdiri atas raw material, spesimen hasil proses stretching + chemical milling, dengan perentangan (stretch) 1%, 3% dan 5%, serta spesimen hasil proses stretching + chemical milling + shot peening, dengan intensitas shot peening masing-masing 0.03 A, 0.05 A dan 0.07 A.

Proses stretching merupakan perlakuan yang pertama kali dikenakan pada bahan sebelum diberikan proses chemical milling dan shot peening. Prosentase stretching mengacu pada prosentase terhadap tegangan luluh bahan ( $\sigma_{ys}$ ). Metode stretching yang digunakan adalah penarikan dengan menggunakan tegangan yang beberapa persen lebih tinggi daripada tegangan luluhnya. Dengan demikian:

$$\sigma_{1\%} = \sigma_{ys} + 1\% \times \sigma_{ys} \quad (2.1)$$

Tegangan dimana deformasi plastis mulai teramati diambil dengan menggunakan kekuatan luluh offset, pada regangan sebesar 0,2 persen. Selanjutnya, harga

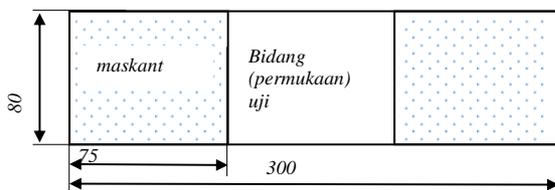
tegangan tersebut dijadikan patokan untuk mengukur tegangan stretching berikutnya, seperti yang diberikan oleh persamaan 1. Proses chemical milling dilakukan dengan bertahap, sesuai prosedur yang ditetapkan. Pencelupan lembaran logam dilakukan dalam bak berisi larutan NaOH+Na<sub>2</sub>S+H<sub>2</sub>O dengan konsentrasi tertentu. Lama pencelupan tergantung pada ketebalan pengikisan yang diinginkan; untuk Al 2024-T3 adalah 1,8 mm dan 1,4 mm untuk Al 2524-T3.

Proses shot peening selanjutnya dilakukan pada spesimen. Shot yang dilakukan ditumpukan/dipusatkan pada permukaan hasil chemical milling, dengan intensitas peening bervariasi, yaitu masing-masing 0,003 A, 0,005 dan 0,007 A.

Selanjutnya, spesimen dari hasil proses di atas diukur kekasaran permukaannya dengan peralatan surface roughness tester merk Surfcom 120A serta kekerasannya dengan micro vickers hardness tester.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada tulisan ini difokuskan pada sifat kekasaran dan kekerasan akibat berbagai proses, yaitu stretching, chemical milling dan shot peening, yang diberikan pada bahan, dan merupakan bagian dari penelitian berlanjut. Oleh karena itu, dimensi spesimen mengikuti standard ASTM E-367 untuk uji perambatan retak, sebagai sebuah penelitian integral, seperti gambar 1 berikut (skala dalam mm):



Gambar 1. Dimensi spesimen pengujian kekasaran permukaan dan kekerasan

### 3.1. Kekasaran permukaan

Hasil pengujian kekasaran permukaan yang dilakukan pada paduan Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 untuk masing-masing jenis proses ditampilkan pada tabel 3a, 3b dan 3c berikut:

Tabel 3.1. Kekasaran permukaan aluminium dengan stretching 1% dan intensitas peening bervariasi

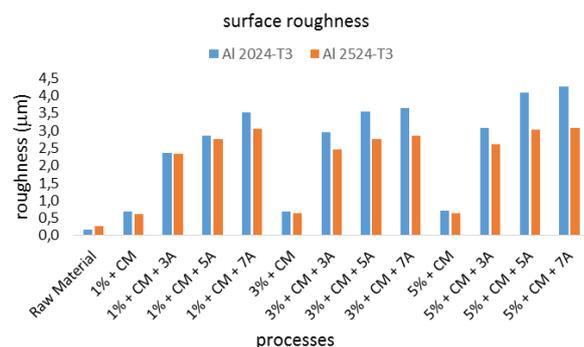
Material	Raw Material (□m)	1% + CM (□m)	1% + CM + 3A (□m)	1% + CM + 5A (□m)	1% + CM + 7A (□m)
Al 2024-T3	0,17	0,69	2,37	2,85	3,53
Al 2524-T3	0,28	0,61	2,34	2,76	3,04

Tabel 3.2. Kekasaran permukaan aluminium dengan stretching 3% dan intensitas peening bervariasi

Material	Raw Material (□m)	3% + CM (□m)	3% + CM + 3A (□m)	3% + CM + 5A (□m)	3% + CM + 7A (□m)
Al 2024-T3	0,17	0,69	2,95	3,55	3,63
Al 2524-T3	0,28	0,63	2,45	2,76	2,85

Tabel 3.3. Kekasaran permukaan aluminium dengan stretching 5% dan intensitas peening bervariasi

Material	Raw Material (□m)	5% + CM (□m)	5% + CM + 3A (□m)	5% + CM + 5A (□m)	5% + CM + 7A (□m)
Al 2024-T3	0,17	0,71	3,07	4,08	4,27
Al 2524-T3	0,28	0,64	2,62	3,03	3,09



Gambar 2. Kekasaran permukaan bahan aluminium dengan berbagai proses perlakuan

Harga kekasaran yang diambil adalah Ra, yaitu penyimpangan aritmatik rata-rata kekasaran. Dari tabel 2 terlihat bahwa kekasaran permukaan raw material kedua jenis paduan tidak berbeda jauh, pada gambar 2 diperlihatkan dengan jelas. Hasil

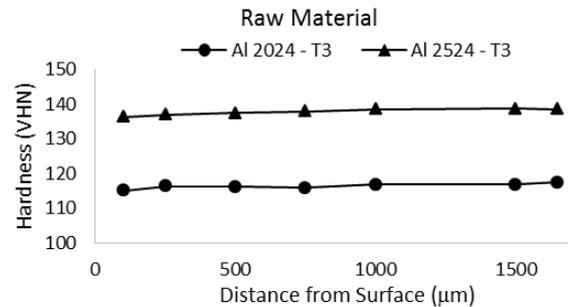
stretching kedua jenis paduan menunjukkan perilaku yang sama, yaitu meningkatnya kekasaran permukaan seiring dengan bertambahnya prosentase stretching yang diberikan. Menurut Dieter (1986), tegangan tetap yang terjadi karena proses stretching pada material menimbulkan pergeseran atom-atom sehingga kekasarannya meningkat. Teknik pembentukan logam dengan stretching dapat menyebabkan cacat permukaan seperti orange peel. Orange peel, pada gilirannya tidak hanya menimbulkan tampilan buruk pada lembaran logam, tapi sekaligus dapat merusak keutuhan permukaan (Feng dkk, 2016). Al-Qureshi dkk (2005) menyimpulkan bahwa kekasaran permukaan berhubungan langsung dengan ukuran butir dan ketakstabilan plastis dari bahan.

Penelitian juga memperlihatkan, makin tinggi intensitas shot peening yang diberikan, kekasaran permukaan makin meningkat. Peningkatan kekasaran tertinggi pada Al 2024-T3 sampai lebih 5 kali kekasaran chemical millingnya dan pada Al 2524-T3 mencapai 4 kali chemical millingnya. Yao dkk (2016) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa proses shot peening meningkatkan kekasaran permukaan paduan aluminium Al 7055-T77 dari 0,184 menjadi 1,4  $\mu\text{m}$ , meningkat hampir 8 kali. Intensitas shot peening berkaitan dengan tumbukan atau jumlah impak per luas permukaan. Akibat langsung dari hal itu adalah terjadinya deformasi plastis pada permukaan hingga kedalaman tertentu. Makin besar intensitas shot, akan makin besar energi impak yang diterima material, sehingga akan makin luas permukaan yang berdeformasi plastis. Konsekuensi dari hal itu adalah meningkatnya kekasaran pada permukaan karena kekasaran berkaitan dengan kedalaman shot

### 3.2. Pengujian Kekerasan.

Kekerasan raw material kedua paduan dilihat pada gambar 3, yang

menunjukkan bahwa Al 2524-T3 lebih keras daripada Al 2024-T3. Akibat proses dan perlakuan yang diberikan pada masing-masing bahan, karakteristik kekerasan kedua jenis paduan memiliki kecenderungan yang hampir sama.



Gambar 3. Kekerasan raw material paduan aluminium Al 2024-T3 dan Al 2524-T3

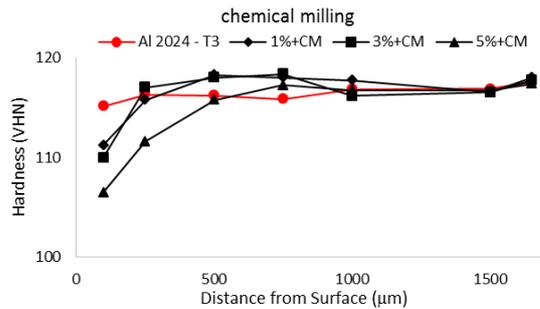
Tabel 3.4 menunjukkan tingkat kekerasan raw material masing-masing paduan dalam skala vickers. Kekerasan diukur dari permukaan penampang bahan, untuk membandingkannya nanti dengan kekerasan bahan tersebut akibat proses yang diberikan.

Tabel 3.4 Kekerasan vickers penampang raw material paduan aluminium

Jarak dari permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan rata-rata (VHN)	
	Al 2024-T3	Al 2524-T3
100	115,15	136,3
250	116,3	136,85
500	116,2	137,45
750	115,85	137,85
1000	116,85	138,5
1500	116,9	138,7
1650	117,5	138,5

Pada gambar 4 terlihat kekerasan paduan pada permukaan menurun drastis akibat proses chemical milling. Proses chemical milling menyebabkan terjadinya pengurangan tegangan sisa pada material, terutama pada permukaan, akibat pengikisan yang dialaminya. Pengurangan tersebut menimbulkan ketidakseimbangan distribusi tegangan sisa yang dikompensasikan oleh material dalam bentuk distorsi. Setelah bahan mengalami proses stretching, tegangan sisa yang dimilikinya berkurang, sehingga material tidak lagi mengalami distorsi. Tapi,

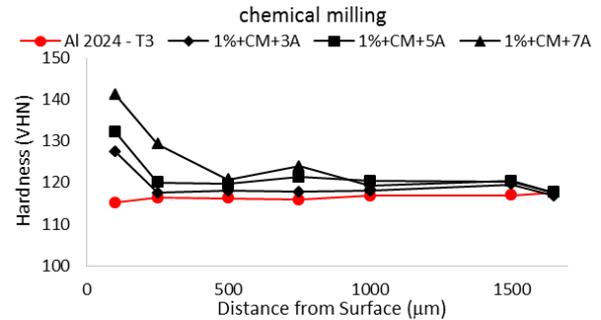
pengikisan yang terjadi menimbulkan efek fretting pada permukaannya, sehingga terjadi lubang pada permukaan dan pelapukan yang diikuti oleh keruntuhan oksida (Dieter, 1986). Fenomena tersebut, yang terlihat berwarna kehijauan pada paduan ini, mengakibatkan kekerasan di permukaan menurun.



Gambar 4. Kekerasan aluminium Al 2024-T3 yang dikenai stretching dan chemical milling

Gambar 4 juga menunjukkan bahwa pada proses stretching kenaikan prosentase menaikkan nilai kekerasan material. Fenomena ini disebabkan oleh pengerasan regangan yang terjadi ketika material ditarik melewati batas luluhnya.

Pemberian shot peening pada material, seperti ditunjukkan pada gambar 5 terlihat menyebabkan kenaikan kekerasan material; makin besar intensitas shot, makin tinggi kekerasan yang ditimbulkannya. Fenomena yang sama juga dijumpai pada material Al 2524-T3, yang tidak ditampilkan pada paper ini. Hal ini dimungkinkan karena kenaikan intensitas shot berarti bertambahnya energi tumbukan yang diberikan pada permukaan material. Akibatnya, deformasi plastis yang terjadi pada permukaan material makin besar. Deformasi 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.



Gambar 5. Kekerasan aluminium Al 2024-T3 yang dikenai stretching, chemical milling dan shot peening

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh proses chemical milling, stretching dan shot peening terhadap kekasaran dan kekerasan paduan aluminium Al 2024-T3 dan Al 2524-T3 telah dilakukan dengan berbagai variasi. Mengikuti penelitian yang dilakukan tersebut, diperoleh beberapa kesimpulan berikut:

1. Proses chemical milling meningkatkan kekasaran permukaan bahan, pada saat yang sama menurunkan kekerasan hingga 6%
2. Proses shot peening meningkatkan kekasaran permukaan bahan hingga sampai 4-5 kali, dan menaikkan kekerasan hingga 9% hingga 14%

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- M. Gottschalk dan G. Hirt, 2016, On the impact of rolling direction and tool orientation angle in Rotary Peen Forming, AIP Conference Proceeding, 1769(1)
- Philippe D. S., G. Germain, S. Boude, E. Giroud, 2013, Cold forming by stretching of aeronautic sheet metal parts, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 27(2).
- Vinod L. H, Shivashankar R. S., 2018, Sheet Metal Forming Processes – Recent Technological Advances, materialstoday:proceedings, 5(1): 2564-2574

- 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
- 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
- Dieter, G, 1986, *Mechanical Metallurgy*, 3rd ed, McGraw Hill., New York, ISBN 0-07-016893-8
- Jing Wen Feng, Li Hua Zhan, Ying Ge Yang, 2016, the establishment of surface roughness as failure criterion of Al-Li alloy stretch forming process, *Metals*, 6(1), 13.
- H. A. Al-Quresh, A. N. Klein, M. C. Fredel, 2005, Grain size and surface roughness effect on the instability strains in sheet metal stretching, *Journal of Materials Processing Technology*, 170 (1-2) 204-210.
- CF Yao, Xing TD, D. Wu, Zheng Z, JY Zhang, 2016, Surface integrity and fatigue analysis of shot-peening for 7055 aluminum alloy under different high-speed milling conditions, *Advances in Mechanical Engineering*, 8(10) 1-10