

PENGARUH *BENDING RADIUS* PADA *LIGHTENING HOLES PROCESS* TERHADAP KERETAKAN AL 2024 T3 SHEET

*¹Yurianto, ¹Ardian Budi W, ²Eko Boedisoesetyo

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto, SH. Semarang

Telpon/ Faks : 024 746 0059/ 024 746 0059 pesawat 102

*Surat elektronik: yurianto@undip.ac.id

Abstrak

Penggunaan bahan yang ringan dan kuat sangat diperlukan dalam pembuatan pesawat terbang, proses *lightening holes* adalah salah satu cara efektif untuk mendapatkan konstruksi ringan tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *bending radius* yang tepat pada Al 2024 T3 sheet tanpa adanya retak. Adapun metode penelitian ini adalah mempersiapkan benda uji untuk *bending radius* pada proses *lightening holes* CAN 16070, dan melakukan penekanan menggunakan mesin *eccentric press* dengan variasi radius die *bending* yaitu BT 20, BT 30 dan BT 40. Kemudian melakukan uji tarik, uji keras mikro dan metalografi untuk melihat fenomena retak. *Bending radius* yang dapat diterima Al 2024 T3 sheet dalam proses *lightening holes* tanpa terjadi retak adalah dengan menggunakan die BT 20, yaitu dengan radius 3 mm dan diameter lobang 20 mm. Angka kekerasan rata-rata Al 2024 T3 sheet sebelum proses *lightening holes* adalah 149,64 HV. Sementara kekerasan setelah proses *lightening holes* meningkat sebesar 217,712 HV (dengan BT 20), 186,2 HV (dengan BT 30) dan 212,356 HV (dengan BT 40). *Bending radius* pada Al 2024 T3 sheet tanpa adanya retak die BT 20.

Kata kunci: Al 2024 T3 sheet, *lightening holes*, *bending radius*, getas, retak

1. PENDAHULUAN

Lightening holes process (LHP) adalah salah satu cara efektif untuk memenuhi kebutuhan penguatan bahan pesawat terbang. Pada proses *lightening holes* terdapat proses pelobangan pada suatu titik dan pada titik pelubangan tersebut dilakukan *bending radius* atau *deep drawing*. Fungsi dari LHP adalah agar bahan untuk pesawat terbang semakin ringan tetapi memiliki kekakuan tinggi sehingga mampu menahan beban besar. Saat LHP bahan sering mengalami keretakan, hal ini berkaitan dengan ketebalan, kondisi dan *bending radius* bahan. Adapun masalah pada LHP adalah timbulnya keretakan, sehingga bahan mengalami *reject*.

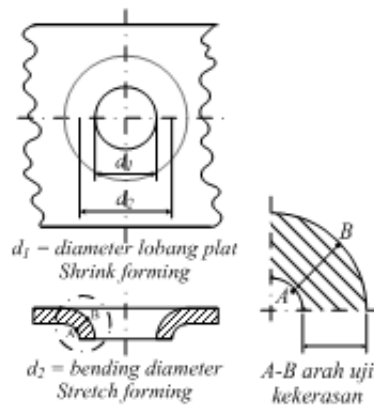
Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari *bending radius* yang bisa diterima oleh Al 2024 T3 sheet tanpa retak pada LHP.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses LHP adalah sebuah proses penguatan bahan yang memiliki dasar proses *deep drawing*. Dengan proses tersebut maka kekakuan bahan yang diinginkan akan tercapai. *Deep drawing* atau disebut *drawing* adalah proses pengubahan bentuk logam dari bahan lembaran yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang ditekan pada sebuah cetakan yang juga berbentuk lingkaran dengan kedalaman tertentu. Pada proses *deep drawing* terdapat dua jenis proses, yaitu: *Shrink Forming* dan *Stretch Forming*. Masing-masing dijelaskan sebagai berikut.

Shrink Forming, pada proses ini terjadi kompresi melingkar selama proses dengan pengurangan diameter dan logam menipis. Karena bahan cukup tebal, maka dinding produk akan terjadi kerutan. *Stretch Forming*, pada proses ini terjadi pengecilan benda kerja sebagai akibat tarikan melingkar yang digunakan untuk memperbesar diameter. Untuk mencegah kerutan dan tebal yang tidak merata, aliran logam harus diatur. Hal ini bisa diatasi dengan memberikan cincin penahan, Gambar 1 [1]. Dalam proses LHP, bahan mengalami *strain hardening* untuk *slip*, dan dikenal sebagai pengerasan regangan. Pengerasan regangan disebabkan oleh interaksi dislokasi dengan yang lain dan penghalang yang menghalangi gerakan kisi-kisi kristal [2].

Bahan yang digunakan dalam proses *LHP* adalah *Al 2024 T3 sheet*, yaitu jenis *Aluminum Alloy seri 2xxx* yang memiliki kandungan *aluminum* dengan paduan *Cu* sebagai presipitatnya. Sedang *T3* adalah kondisi *tempered* dari bahan tersebut yang menunjukkan bahwa bahan telah mengalami *solution heat treatment*, *cold work* dan *naturally aging* [3].



Gambar 1 Perbedaan *shrink forming* dan *stretch forming* [1]

Komposisi kimia *Al 2024 T3 sheet* adalah *Al* (93%) *Cu* (3,8 sd. 4,9%) *Mg* (1,2 sd. 1,9%). Paduan *aluminum* jenis *AL 2024* disebut juga *superduralumin* [4]. *Process sheet lightening holes CAN 16070* adalah nama dokumen *LHP* yang dibuat bersama antara *Cassa Spanyol* dan *PT Nurtanio Bandung* (sekarang *PT Dirgantara Indonesia*).

3. METODOLOGI

Bahan penelitian adalah *Al 2024 T3 sheet* dengan tebal 1,2 mm, 1,4 mm dan 2,0 mm, dengan ukuran benda uji adalah 100 mm×150 mm, tiap benda uji dikenai tiga macam yaitu: bending radius *BT 20* (2 mm), *BT 30* (3 mm) dan *BT 40* (4 mm). *LHP* menggunakan mesin *eccentric press* dengan *dies* sesuai dengan *bending radius* yang sudah ditentukan. Metode yang digunakan adalah *trial solution* dengan *BT 20*, *BT 30* dan *BT 40*, dengan *LHP*. Penelitian ini dilaksanakan dengan dasar *dokumen process sheet lightening holes CAN 16070* yang berlaku di *PT. Dirgantara Indonesia*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji metalografi

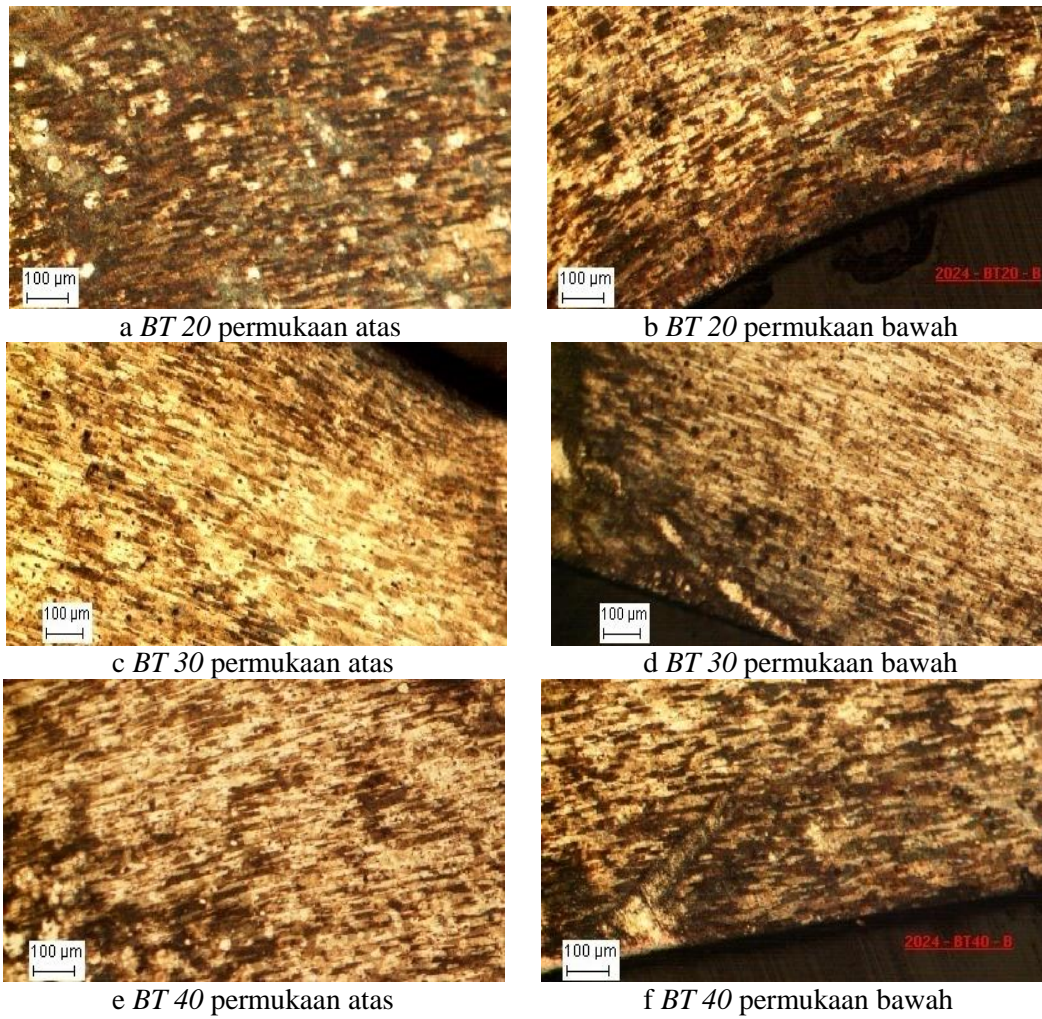
Hasil uji metalografi ditunjukkan oleh Gambar 2a dan 2b (keduanya ditebuk dengan *BT 20*), nampak struktur butiran kasar. Gambar 2c dan 2d (keduanya ditebuk dengan *BT 30*), nampak struktur butiran halus. Gambar 2e dan 2f (keduanya ditebuk dengan *BT 40*), nampak struktur butiran lebih halus dibanding dengan *BT 20* dan *BT 30*. Dari ketiga *bending radius* (*BT 20*, *BT 30* dan *BT 40*), pergeseran butiran lebih besar terjadi pada *bending radius* dengan *BT 20*. Jika *bending radius* dikenakan pada bahan yang lebih tebal, maka kecenderungan terjadi keretakan lebih besar dibanding terkena *bending radius BT 30* dan *BT 40*. Sementara itu diameter lobang semakin kecil cenderung retak dibanding diameter lobang yang lebih besar.

4.2 Uji Kekerasan Mikro

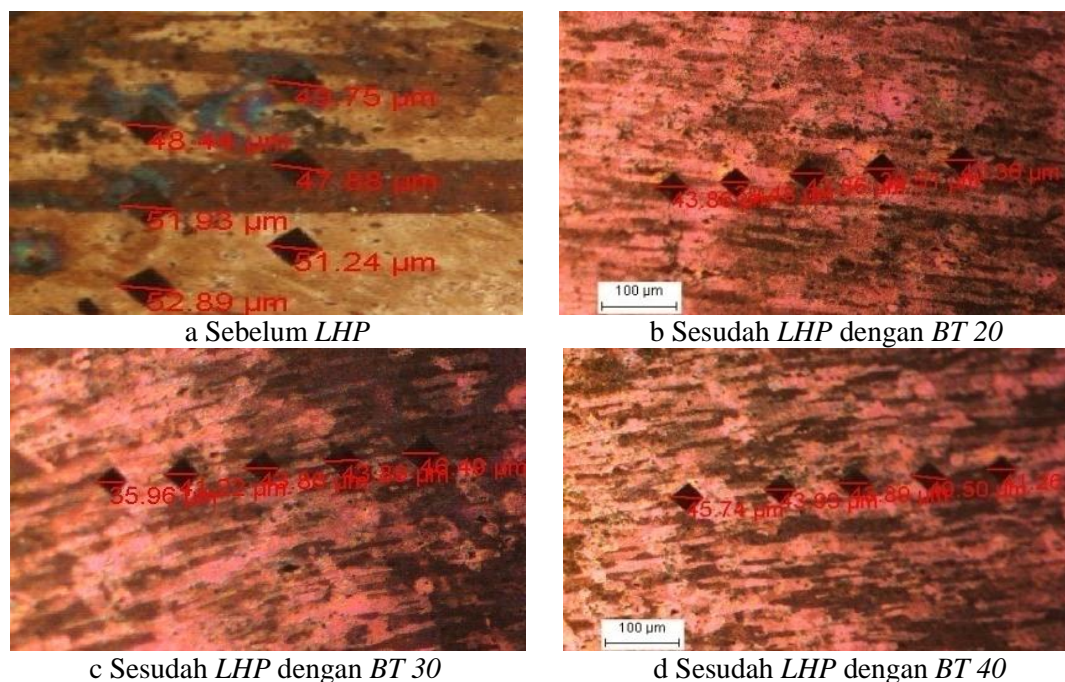
Hasil uji kekerasan mikro ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Tabel 1. Gambar 3a mempunyai *standard hardness* seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1 Angka kekerasan mikro *Al 2024 T3 sheet*.

Sebelum <i>LHP</i>	Jarak (μm)	47,88	48,44	49,75	51,24	51,93
	Kekerasan HV	161,70	158,00	149,80	141,20	137,50
Setelah <i>LHP</i> dengan <i>BT 20</i>	Jarak (μm)	39,48	39,51	40,36	43,86	43,86
	Kekerasan HV	237,90	237,53	227,63	192,75	192,75
Setelah <i>LHP</i> dengan <i>BT 30</i>	Jarak (μm)	41,26	43,89	43,93	45,74	49,50
	Kekerasan HV	217,81	192,49	192,14	177,23	151,33
Setelah <i>LHP</i> dengan <i>BT 40</i>	Jarak (μm)	35,96	41,22	43,86	43,89	46,49
	Kekerasan HV	286,75	218,23	192,75	192,49	171,56



Gambar 2 Metalografi *Al 2024 T3 sheet* dengan ketebalan 8 mm



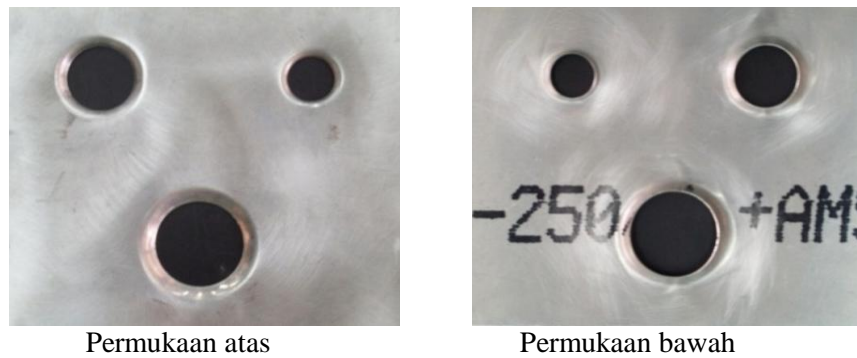
Gambar 3 Hasil uji keras *Al 2024 T3 sheet* dengan ketebalan 8 mm

Gambar 3b mempunyai kekerasan antara 192,5 HV sd. 237,53 HV. Gambar 3c mempunyai kekerasan antara 151,33 HV sd. 271,81 HV. Gambar 3d mempunyai kekerasan antara 171,56 HV sd. 286,75 HV. Dari uji kekerasan diatas Nampak bahwa kekerasan pada permukaan cekung lebih tinggi dibanding kekerasan pada permukaan cembung. Dari ketiganya (setelah *LHP*) yaitu dengan *BT 20*, *BT 30* dan *BT 40*, permukaan cembung mengalami tegangan tarik, sementara permukaan cekung mengalami tegangan tekan. Permukaan cembung lebih rentan terhadap keretakan dibanding pada permukaan cekung. Semakin tebal *Al 2024 T3 sheet*, maka akan cenderung retak jika mendapat *bending*. Karena pergeseran struktur yang sangat besar.

4.3 Uji *LHP*

4.3.1 Uji *LHP*

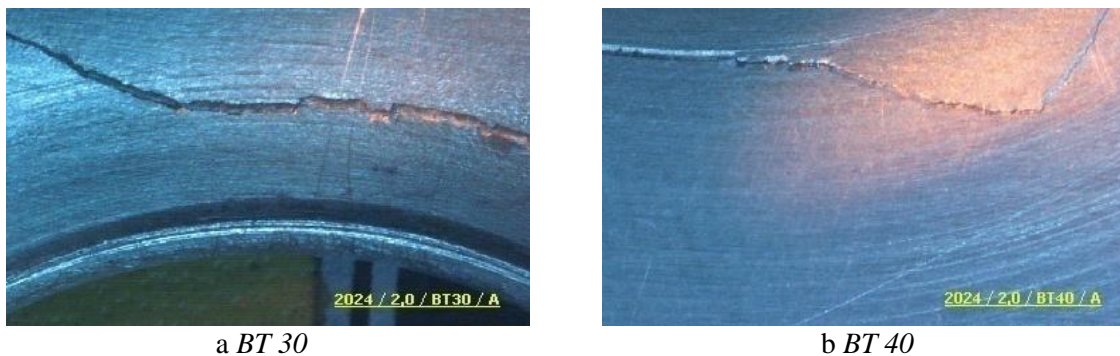
LHP dilakukan dengan menggunakan mesin *eccentric press*, gaya tekan yang digunakan 60 kN dan diameter *punch* 12 mm, 25 mm dan 34 mm. Hasil uji *LHP* ditunjukkan oleh Gambar 4. Dari hasil pengerjaan benda uji didapatkan keretakan pada beberapa *bending* dan ketebalan yang berbeda, dan retak yang terjadi pada *Al 2024 T3* tebal 2 mm dan ditunjukkan oleh Gambar 5. Keretakan yang timbul karena adanya pergeseran antar struktur mikro akibat *bending radius* yang semakin kecil. Sementara bergeseran struktur mikro dengan *bending radius* semakin besar, ikatan butiran masih mampu menahan geseran. Akibat *bending radius* semakin besar, maka kecenderungan retak semakin kecil. *Bending radius* yang bisa diterima *Al 2024 T3* pada *LHP* tanpa terjadi retak adalah menggunakan *die BT 20*, yaitu dengan radius 3 mm dan diameter lobang 20 mm atau *die BT 20*.



Permukaan atas

Permukaan bawah

Gambar 4 Benda uji hasil proses *LHP*



a *BT 30*

b *BT 40*

Gambar 5 Keretakan *Al 2024 T3* tebal 2 mm

4.3.2 Uji Tarik

Hasil uji tarik bahan *Al 2024 T3* setelah dilakukan *LHP* ditunjukkan oleh Tabel 2. Pada dasarnya, *Al 2024 T3* tergolong bahan getas. Dari hasil uji tarik, nampak bahwa setelah mengalami *LHP* bahan menjadi lebih getas. Hal ini disebabkan karena adanya pepadatan struktur mikro akibat *LHP* dengan *die* yang digunakan. Namun pada benda uji dengan tebal 2 mm mempunyai tegangan maksimum lebih tinggi dibanding yang lain, tegangan luluh juga lebih tinggi dan mengalami sedikit lebih liat dibanding pada benda uji dengan tebal 0,8 mm dan 1,4 mm.

Tabel 2. Hasil uji tarik *Al 2024 T3 sheet* setelah *LHP*.

Tebal	Beban maksimum	Tegangan Maksimum	Tegangan Luluh	Regangan Patah
0,8 mm	488,963 (kg _f)	52,193 (kg _f /mm ²)	36,827 (kg _f /mm ²)	19,432 %
1,4 mm	865,114 (kg _f)	51,299 (kg _f /mm ²)	36,842 (kg _f /mm ²)	18,318 %
2.0 mm	1316,964 (kg _f)	52,705 (kg _f /mm ²)	40.732 (kg _f /mm ²)	18,820 %

4.3.3 Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan bahan *Al 2024 T3* dilakukan dengan dua macam, yaitu sebelum dan sesudah *LHP*, dan hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 3. Setelah *LHP*, *Al 2024 T3* menjadi lebih keras dibanding sebelum *LHP*. Hal ini karena disebabkan oleh pepadatan struktur mikro, namun setelah *LHP* kekerasan tertinggi dicapai pada bahan tebal 2 mm dengan *BT 20* tanpa ada keretakan.

Tabel 3 Hasil uji kekerasan *Al 2024 T3 sheet*

Setelah <i>LHP</i>	Tebal 2,0 mm	Jarak (μm)	47,88	48,44	49,75	51,24	51,93
		Kekerasan HV	161,70	158,00	149,80	141,20	137,50
		Kekerasan ta-rata HV	149,64 HV				
Setelah <i>LHP</i>	Tebal 2,0 mm <i>BT 20</i>	Jarak (μm)	43,86	39,48	43,86	39,51	40,36
		Kekerasan HV	192,75	237,90	192,75	237,53	227,63
		Kekerasan rata-rata HV	217,712				
	Tebal 2,0 mm <i>BT 30</i>	Jarak (μm)	45,74	43,93	43,89	49,50	41,26
		Kekerasan HV	177,23	192,14	192,49	151,33	217,81
		Kekerasan rata-rata HV	186,2				
	Tebal 2,0 mm <i>BT 40</i>	Jarak (μm)	35,96	41,22	43,86	43,89	46,49
		Kekerasan HV	286,75	218,23	192,75	192,49	171,56
		Kekerasan rata-rata HV	212,356				

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *Aluminum 2024* dengan *bending radius* paling kecil *BT 20* memiliki nilai kekerasan paling tinggi diantara *bending radius* yang lain dengan nilai kekerasan rata-rata 217,7 HV. *Bending radius BT 20* adalah perlakuan *bending* paling baik karena tidak mengalami retak bahan dengan berbagai tebal dan memiliki nilai kekerasan paling tinggi.

Pada uji metalografi dari semua *bending radius* hanya *BT 20* yang memiliki struktur yang mengalami tarik (dibagian permukaan *bending*) dan struktur yang tertekan dibagian bawah permukaan *bending*. Sedangkan pada *radius BT 30* dan *BT 40*, struktur mengalami tarik sehingga kemungkinan terjadinya retak lebih besar.

Dari uji *LHP*, terjadi retak pada bahan *Al 2024 T3* dengan tebal 2 mm dan mengalami *bending* pada *radius BT 30* dan *BT 40*. Retak terjadi karena bahan lebih getas dan mengikuti arah keliling *diameter bending*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT. Dirgantara Indonesia, Bandung Jawa Barat Indonesia atas tempat dan segala fasilitas yang disediakan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eugene, D, Ostergaard, 1967, *Advanced Die Making*, Prentice Hall, New Jersey.
- [2] Dieter, E. George, 1987, *Metallurgy Mechanics*, 3rd edition, McGraw Hill, Inc.
- [3] Heinrich Grote, Karl, Antonson, K. Erik, 2009, 2009, *Springer Handbook of Mechanical Engineering*, Volume 10, Springer.
- [4] _____, *Dokumen PT. Dirgantara Indonesia*, Bandung Jawa Barat Indonesia.