



**TUGAS SARJANA**

**PENGARUH PROSES *LIGHTENING HOLE* ALUMINIUM ALLOY 2024 T3  
TERHADAP RETAK PERMUKAAN**

**DISUSUN OLEH :  
ARDIAN BUDI WICAKSONO  
L2E 006 015**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

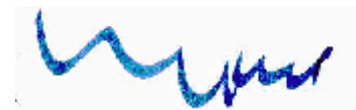
**SEMARANG  
MARET 2012**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama: Ardian Budi Wicaksono  
NIM : L2E 006 015
- Dosen Pembimbing : 1. Ir. Yurianto, MT
- Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)
- Judul : Pengaruh proses *lightening hole alumunium alloy 2024 T3* terhadap keras permukaan
- Isi Tugas :
- 1) Membahas pengaruh tebal dan *radius bending* terhadap fenomena retak pada *lightening hole aluminium alloy 2024 T3*.
  - 2) Melakukan pengujian meliputi :
    - Uji tarik
    - Uji kekerasan mikro
    - Uji mikrografi

Semarang, Maret 2012

Pembimbing



Ir. Yurianto, MT  
NIP. 195527071986031008

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Sarjana ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh sebutan keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah atau karya Tugas Sarjana ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

NAMA : Ardian Budi Wicaksono

NIM : L2E 006 015

Tanda Tangan :

Tanggal : Maret 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : Ardian Budi Wicaksono  
NIM : L2E 006 015  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh proses *lightening hole alumunium alloy 2024 T3* terhadap keras permukaan


**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Yurianto, MT.

(  )

Penguji : Ir. Sudargana, MT.

(  )

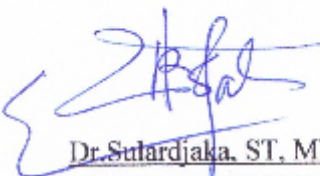
Penguji : Khoiri Rozi, ST, MT.

(  )

Semarang, Maret 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,

(  )

Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardian Budi Wicaksono  
NIM : L2E 006 015  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : SKRIPSI

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGARUH PROSES *LIGHTENING HOLE* ALUMINIUM ALLOY 2024 T3  
TERHADAP RETAK PERMUKAAN

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Maret 2012

Yang menyatakan  
  
(Ardian Budi W.)  
NIM. L2E006015

## ABSTRAK

Penggunaan paduan alumunium untuk komponen pesawat terbang tidak bisa dilepaskan karena untuk membangun pesawat terbang dituntut menggunakan part – part yang memiliki kekuatan yang baik dengan bobot yang ringan. Kekuatan yang baik bertujuan untuk menahan beban dinamik yang ekstrim saat pesawat beroperasi. Proses *lightening hole* adalah salah satu cara yang efektif untuk memenuhi kriteria tersebut.

Penelitian dilakukan mengikuti *process sheet lightening hole* CAN 16070 untuk pembuatan spesimen. Proses *lightening hole* dilakukan dengan mesin *eccentrik press* dengan variasi radius *die bending* ( BT20, BT30 dan BT40 ). Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik untuk membahas sifat mekanik material, pengujian kekerasan dengan metoda *hardness vickers* untuk membahas nilai kekerasan, dan uji metalografi untuk membahas struktur mikro di daerah bending.

Dari hasil penelitian terjadi peningkatan nilai kekerasan material yang mengalami proses *lightening hole*, sebelum *lightening hole* nilai rata-rata kekerasan 139,2 HV setelah proses *lightening hole* nilai rata-rata kekerasan 180,3 HV. Al 2024 dengan *bending radius* paling kecil ( BT20 ) memiliki nilai kekerasan paling tinggi ( 217,7 HV ). Perlakuan bending antara BT 30 dan BT40 pada material yang ketebalan lebih dari 2,0 mm tidak dapat dilakukan karena mengalami retak. Proses *lightening hole* mengurangi material yang *reject* akibat mengalami fenomena retak dan pembahasan ini dapat menjadi acuan pada radius bending berapa yang aman dilakukan pada material *Alumunium alloy* 2024 T3.

Kata kunci : *Alumunium alloy* 2024 T3, *lightening hole* , bending radius, kekerasan dan struktur mikro

✚ Semua impian kesuksesan di masa depan dapat kita raih apabila kita kerja keras dan konsisten mengejarnya

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

- ✚ Bapak Ir. Didik Purwadi, MT dan Ibu Gunarti Iriani yang telah sabar membesarkan aku, cinta dan kasih sayangnya sepanjang masa serta doa restunya yang selalu menyertaiku.
- ✚ Adikku Aditya Setiabudi yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga selesainya Tugas Sarjana ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan YME atas rahmat, taufik, hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh proses *lightening hole* alumunium alloy 2024 T3 terhadap keras permukaan”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Ir. Budiwuraskito selaku direktur *aircraft service* PT. Dirgantara Indonesia atas nasehat, kesempatan dan bantuannya.
2. Ir. Asep Ruhiyat selaku manager *engineering liaison* PT. Dirgantara Indonesia atas pengarahan selama penelitian di perusahaan.
3. Bapak Jajat Mujizat selaku operator laboratorium metalurgi fisik PT. Dirgantara Indonesia atas bantuannya.
4. Bapak Bubud Budiman selaku penanggung jawab *metal forming*
5. Bapak Dede Sudrajat dan Rizal selaku operator mesin *forming*
6. Ir. Yurianto, MT selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir ini.
7. Teman seperjuanganku Aditya Utama, yang selalu memberi dukungan tanpa lelah, semoga sukses kawan.
8. Semua pihak yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Tugas

Akhir ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, Maret 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS SARJANA .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK.....	vi
MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metode Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	4
2.1 Sheet metal forming.....	4
2.2 Pengerasan regangan.....	14
2.3 Mekanisme patahan .....	16

BAB III METODE YANG DIGUNAKAN.....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2 Diagram Alir Pengujian Tarik .....	24
3.3 Diagram Alir Pengujian <i>Microhardness</i> .....	29
3.4 Diagram Alir Pengujian Metalografi .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37
4.1 Hasil .....	37
4.1.1 Pengujian Tarik.....	37
4.1.2 Pengujian Metalografi.....	40
4.1.3 Pengujian Kekerasan ( <i>mikrohardness</i> ) .....	41
4.1.4 Pengujian Proses <i>Lightening Hole</i> .....	45
4.2 Pembahasan.....	48
4.2.1 Pengujian Tarik.....	48
4.2.2 Pengujian Metalografi.....	51
4.2.3 Pengujian Kekerasan ( <i>mikrohardness</i> ) .....	52
4.2.4 Pengaruh Tebal dan Radius Bending.....	56
4.2.5 Mekanisme retak.....	57
4.2.6 Perbandingan struktur mikro material sesudah mengalami lightening hole .....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Stretch forming</i> .....	5
Gambar 2.2 Perbedaan <i>shrink</i> dengan <i>stretch forming</i> .....	5
Gambar 2.3 <i>Blank</i> dan <i>draw piece</i> .....	6
Gambar 2.4 Proses <i>drawing</i> .....	7
Gambar 2.5 Bagian Utama <i>Die Drawing</i> .....	9
Gambar 2.6 Pengaruh pembalikan arah slip atau garis lengkung tegangan-regangan	14
Gambar 2.7 Terbentuknya dislokasi .....	15
Gambar 2.8 Diagram alir mekanisme pengerasan .....	16
Gambar 2.9 Jenis-jenis patahan .....	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3.2 Diagram alir pengujian tarik .....	24
Gambar 3.3 Diagram alir pengujian microhardness .....	29
Gambar 3.4 Diagram alir pengujian metalografi .....	31
Gambar 4.1 Hasil pengujian metalografi Al 2024 BT20.....	40
Gambar 4.2 Hasil pengujian metalografi Al 2024 BT30.....	40
Gambar 4.3 Hasil pengujian metalografi Al 2024 BT40.....	41
Gambar 4.4 Pengujian kekerasan mikro Al 2024 sebelum proses <i>bending lightening hole</i> .....	42
Gambar 4.5 Pengujian kekerasan mikro Al 2024 BT 20 .....	43
Gambar 4.6 Pengujian kekerasan mikro Al 2024 BT 30 .....	44
Gambar 4.7 Pengujian kekerasan mikro Al 2024 BT 40 .....	45

Gambar 4.8 punch dan dies.....	46
Gambar 4.9 mesin <i>Eccentric press</i> .....	46
Gambar 4.10 spesimen hasil proses lightening hole sisi atas .....	47
Gambar 4.11 spesimen hasil proses lightening hole sisi bawah .....	47
Gambar 4.12 Foto retak Al 2024 tebal 2 mm dengan radius bending BT30 terletak pada bagian permukaan material.....	48
Gambar 4.13 Foto retak Al 2024 tebal 2 mm dengan radius bending BT40 terletak pada bagian permukaan material.....	48
Gambar 4.14 fase – fase yg terjadi dalam mekanisme retak.....	58
Gambar 4.15 Perbandingan mikrografi sebelum dan sesudah <i>lightening hole</i> .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tahapan proses grinding dan polesing.....	36
Tabel 4.1 Hasil pengujian tarik Al 2024.....	38
Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan mikro Al 2024 sebelum proses <i>bending</i> <i>lightening hole</i> .....	42
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan mikro 2024 BT 20.....	43
Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan mikro 2024 BT 30.....	44
Tabel 4.5 Hasil pengujian kekerasan mikro 2024 BT 40.....	45
Tabel 4.6 Pengaruh tebal dan radius bending .....	56

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hasil pengujian tarik Al 2024 T3 dengan tebal 0,8 mm .....	38
Grafik 4.2 Hasil pengujian tarik Al 2024 T3 dengan tebal 1,4 mm .....	39
Grafik 4.3 Hasil pengujian tarik Al 2024 T3 dengan tebal 2,0 mm .....	39
Grafik 4.4 Nilai kekerasan mikro material Al 2024 T3 <i>radius bending</i> BT20 .....	53
Grafik 4.4 Nilai kekerasan mikro material Al 2024 T3 <i>radius bending</i> BT30 .....	54
Grafik 4.4 Nilai kekerasan mikro material Al 2024 T3 <i>radius bending</i> BT40 .....	55

### ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Simbol	Keterangan	Satuan
$\sigma$	Tegangan	Pascal, N/m <sup>2</sup>
F	beban yang diberikan	Newton, dyne
A <sub>o</sub>	luas penampang mula - mula	mm <sup>2</sup>
A <sub>u</sub>	luas penampang setelah pengujian	mm <sup>2</sup>
L <sub>u</sub>	Panjang sesudah patah	mm
L <sub>o</sub>	Panjang mula - mula	mm
E	Regangan	
E	modulus elastisitas	
$\sigma_u$	tegangan tarik maksimal	pascal, N/m <sup>2</sup>
F <sub>m</sub>	beban maksimum	Newton
HV	Kekerasan Vickers	
BT 20	Dimensi bending yang digunakan untuk proses lightning hole dengan nilai radius 3 mm dan diameter lubang 20 mm	mm
BT 30	Dimensi bending yang digunakan untuk proses lightning hole dengan nilai radius 4 mm dan diameter lubang 30 mm	mm

Simbol	Keterangan	Satuan
BT 40	Dimensi bending yang digunakan untuk proses lightening hole dengan nilai radius 5 mm dan diameter lubang 40 mm	mm