



KEKUATAN CARABINER DENGAN VARIASI GEOMETRI DARI BAHAN ALUMINIUM 6061

Dodik Suprayogi, Ir. Ismail, M.Sc.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: ogiksemutmerah20@gmail.com

ABSTRAK

Aluminium merupakan bahan logam yang kuat dan ringan sehingga banyak digunakan untuk industri otomotif, penerbangan, maupun industri peralatan adventure khususnya panjat tebing. Di bidang adventure industri peralatan panjat banyak menggunakan aluminium untuk pembuatan carabiner.. Carabiner merupakan alat paling penting setelah tali pada kegiatan panjat tebing. Carabiner adalah alat yang digunakan untuk mengaitkan tali ke hanger. Secara definisi, Carabiner adalah lingkaran tertutup yang dibuat dari bahan aluminium . Carabiner memiliki dua jenis yaitu Carabiner menggunakan pengunci dan Carabiner tanpa pengunci namun carabiner memiliki variasi yang berbeda-beda. Selama ini Carabiner dengan variasi tertentu saja yang sering digunakan dalam pemanjatan entah mengapa demikian. Carabiner ini terbuat dari aluminium murni 6061. Cara untuk membending saya menggunakan bending manual dengan menggunakan alat begel. Semakin kecil derajat bendingnya, maka semakin kecil kekuatan carabinernya. Semakin kecil derajat bendingnya, maka uji NDT kita akan terjadi kegagalan. Semakin kecil derajat bendingnya, maka konsentrasi tegangan semakin besar.

Kata Kunci : aluminium 6061, carabiner, NDT penetrant, uji tarik.

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan bahan logam yang kuat dan ringan sehingga banyak digunakan untuk industri otomotif, penerbangan, maupun industri peralatan adventure khususnya panjat tebing. Di bidang adventure industri peralatan panjat banyak menggunakan aluminium untuk pembuatan carabiner (pengait). Kebutuhan industri adventure khususnya panjat tebing tentunya butuh berbagai macam profil aluminium murni sesuai kebutuhan dengan pertimbangan kekuatan dan jenis bentuk yang seefisien mungkin. Carabiner merupakan alat paling penting setelah tali pada kegiatan panjat tebing. Carabiner

adalah alat yang digunakan untuk mengaitkan tali ke hanger. Secara definisi, Carabiner adalah lingkaran tertutup yang dibuat dari bahan aluminium . Carabiner memiliki dua jenis yaitu Carabiner screw gate (pengunci) dan Carabiner screw non gate (tanpa pengunci) namun carabiner memiliki variasi yang berbeda-beda. Selama ini Carabiner dengan variasi tertentu saja yang sering digunakan dalam pemanjatan entah mengapa demikian. Carabiner ini terbuat dari aluminium murni 6061.

ALUMINIUM

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon.

Aluminium terdapat dikerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebautan lain (corrundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain) (USGS). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif. Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan ductility yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya. Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200-600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi. Resistansi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan tembaga. Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam

konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.⁴

Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium murni yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamnya. Pengotor yang mungkin berada di dalam aluminium murni biasanya adalah gelembung gas di dalam yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan/pengecoran yang tidak sempurna, material cetakan akibat kualitas cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat kualitas bahan baku yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang aluminium). Umumnya, aluminium murni yang dijual di pasaran adalah aluminium murni 99%, misalnya aluminium foil.

CARABINER

Setiap pemanjat tentu sudah mengenal peralatan yang satu ini, CARABINER. Carabiner adalah salah satu alat yang berfungsi untuk mengaitkan tali ke hanger, tali ke tali, dan sebagainya. Dalam dunia panjat fungsi utama dari carabiner adalah sebagai alat untuk menjaga keamanan si pemanjat, dapat juga difungsikan untuk mempermudah pekerjaan yang berhubungan dengan kait mengait.

Definisi carabiner adalah lingkaran tertutup yang terbuat dari bahan 'alloy metal' yang dihubungkan dengan pin atau 'gate' (gerbang). Sebagai sebuah peralatan panjat, carabiner dibentuk sedemikian rupa sehingga mudah digunakan dalam kondisi yang sesuai dengan bentuknya. Seorang pemanjat harus mengetahui dan paham betul jenis dan fungsi dari masing-masing bentuk carabiner. Karena jika pemakaian carabiner di lapangan tidak tepat, dapat mengancam keselamatan pemanjat (climber).

Carabiner juga memiliki kekuatan (daya dukung terhadap beban) yang bervariasi. Diukur dalam satuan KN (kilonewton), biasanya daya dukung carabiner baik secara vertical tersebut. Karena kekuatannya tidak sama, biasakan untuk membaca spesifikasi carabiner sebelum

menggunakan. Daya dukung arah memanjang lebih besar dari pada daya dukung arah menyimpang.



Gambar 2.2 Carabiner Oval

Proses Bending

Bending adalah salah satu operasi yang paling umum Metalworking. Bagian yang dibuat dengan menekuk lembar saham dan lentur juga merupakan komponen dari lembaran logam yang lebih kompleks membentuk operatins. Membungkuk adalah deformasi plastik logam sekitar sumbu linier disebut sumbu lentur dengan sedikit perubahan atau tidak ada dalam luas permukaan. Ketika benda beberapa dibuat secara simultan menggunakan mati, proses ini kadang-kadang disebut membentuk. Apa yang membedakan lentur adalah bahwa sumbu tikungan adalah linear dan independen. Kemerdekaan berarti bahwa sekitar satu sumbu lentur tidak berpengaruh pada lentur pada sumbu lainnya. Sebagai contoh, sebuah kosong dengan empat tag terpisah di sepanjang tepi bagian persegi panjang bisa ditekuk ke dalam kotak dengan menekuk setiap tab terpisah. Sebaliknya, membentuk sebuah kotak persegi panjang atau panci dari lembaran empat persegi panjang dengan menggunakan punch dan mati adalah disebut operasi menggambar. Sudut panci terbentuk secara bersamaan dan deformasi sekitar sudut ditentukan oleh kedua tepi dan bagaimana mereka berinteraksi di pojok jalan. Jika sumbu

deformasi yang tidak linear atau tidak independen, proses menjadi gambar dan / atau peregangan, tidak membungkuk.

Proses bending tidak hanya digunakan untuk membentuk bagian seperti bagian sudut, flensa, jahitan, dan corrugations, tetapi juga untuk memberikan kekakuan ke bagian tersebut dengan meningkatkan momen inersia. Seringkali perubahan bentuk penampang dapat menyebabkan kekakuan bagian meningkatkan tanpa penambahan bahan.

Uji Non Destructive Test (NDT)

Dye penetrant test

Metode Liquid Penetrant Test merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid, baik logam maupun non logam, seperti keramik dan plastik fiber. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas. Caranya adalah dengan memberikan cairan berwarna terang pada permukaan yang diinspeksi. Cairan ini harus memiliki daya penetrasi yang baik dan viskousitas yang rendah agar dapat masuk pada cacat dipermukaan material. Selanjutnya, penetrant yang tersisa di permukaan material disingkirkan. Cacat akan nampak jelas jika perbedaan warna penetrant dengan latar belakang cukup kontras. Seusai inspeksi, penetrant yang tertinggal dibersihkan dengan penerapan developer.

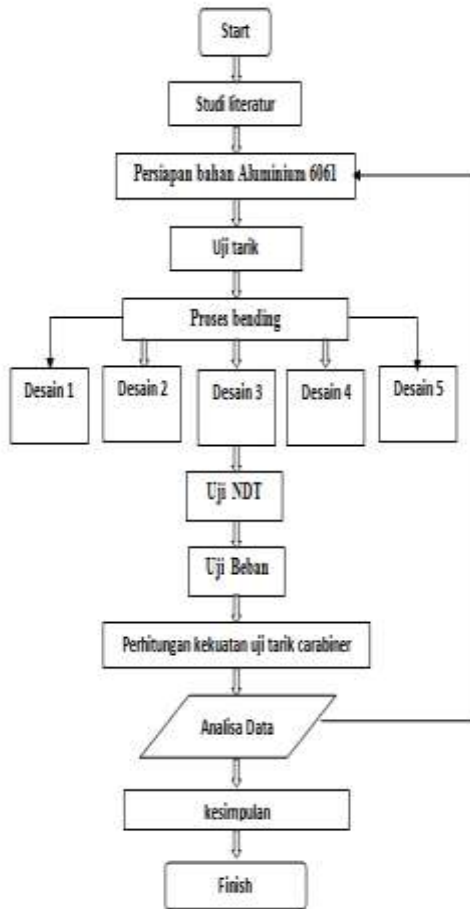
Kelemahan dari metode ini antara lain adalah bahwa metode ini hanya bisa diterapkan pada permukaan terbuka. Metode ini tidak dapat diterapkan pada komponen dengan permukaan kasar, berpelapis, atau berpori.

Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan:

1	Aluminium 10 mm	8	Penetrant
2	Aluminium 12 mm	9	Developer
3	Flesher 10 mm		
4	Flesher 12 mm		
5	Gergaji besi		
6	Matras begel		
7	Cleaner		

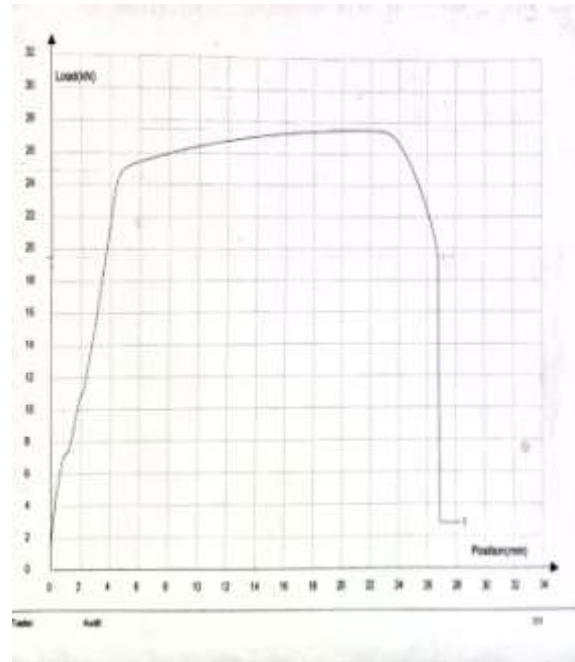
Hasil dan Pembahasan



Gambar 3.1
Diagram Alir Penelitian

Pengambilan Data

setelah melewati proses keseluruhan daripengerjaan saya yang berurut dari persiapan bahan aluminium setelah itu melakukan proses bending dan selanjtnya yaitu proses NDT yang terkahir yaitu uji beban. Uji beban untuk mengetahui kekuatan tegangan maksimal dari ke lima desain saya.



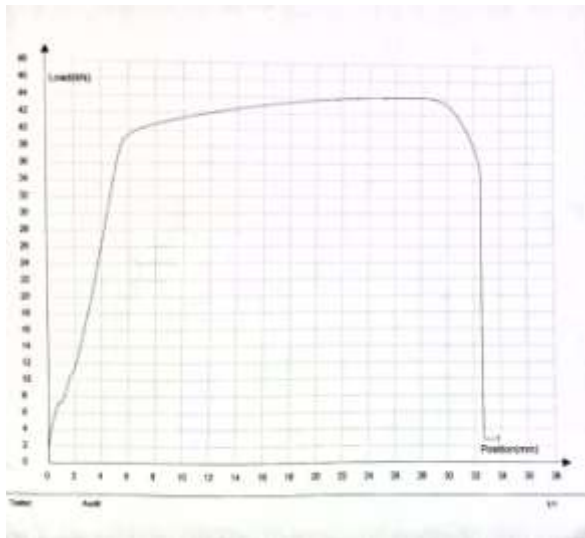
Gambar 4.8 Grafik uji tarik Aluminium 6061 diameter 10 mm

Tabel 4.1 Hasil pengujian tarik aluminium 6061 diameter 10 mm

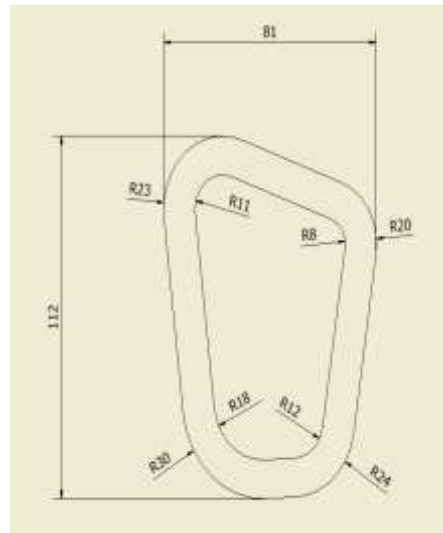
BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D0	10 (mm)
Luas penampang A0	78,54 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L0 (mm)	300 mm
Akhir, Lf (mm)	305 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	5 mm
Beban Luluh (kg)	25000 kg f
Beban Maksimum (kg)	27490 kg f
Beban Putus (kg)	19250 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	318,3 kg f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	350,01 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	8 (mm)

Dari perhitungan diatas mencari perhitungan tegangan maksimal yaitu

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{27490 \text{ kg f}}{78,54 \text{ mm}^2} = 350,01 \text{ kg/f mm}^2$$



Gambar 4.9 grafik uji tarik Aluminium 6061 diameter 12 mm



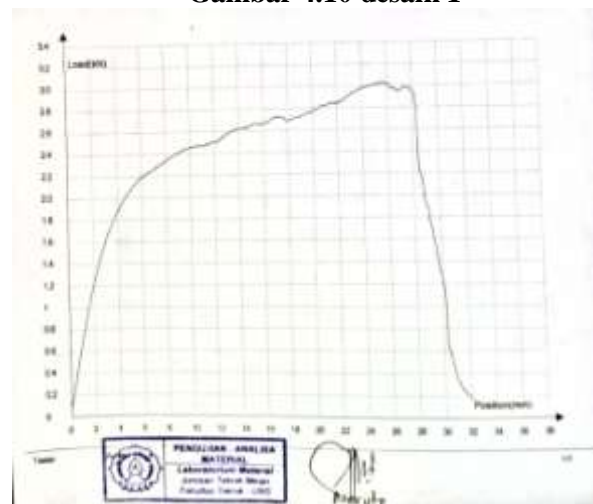
Gambar 4.10 desain 1

Tabel 4.2 Hasil pengujian tarik aluminium 6061 diameter 12 mm

BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D ₀	12 (mm)
Luas penampang A ₀	113,10 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L ₀ (mm)	300 mm
Akhir, L _f (mm)	310 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	10 mm
Beban Luluh (kg)	39000 kg f
Beban Maksimum (kg)	44070 kg f
Beban Putus (kg)	35250 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	344,82 kg f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	389,65 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	10 (mm)

Dari perhitungan diatas mencari perhitungan tegangan maksimal yaitu

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{44070 \text{ kg f}}{113,10 \text{ mm}^2} = 389,65 \text{ kg f/mm}^2$$



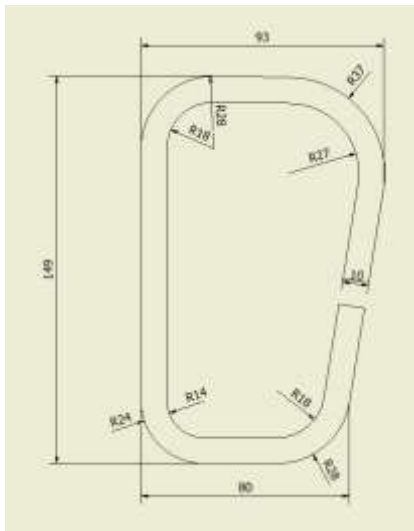
Gambar 4.11 grafik desain 1

Tabel 4.3. hasil pengujian tarik desain 1

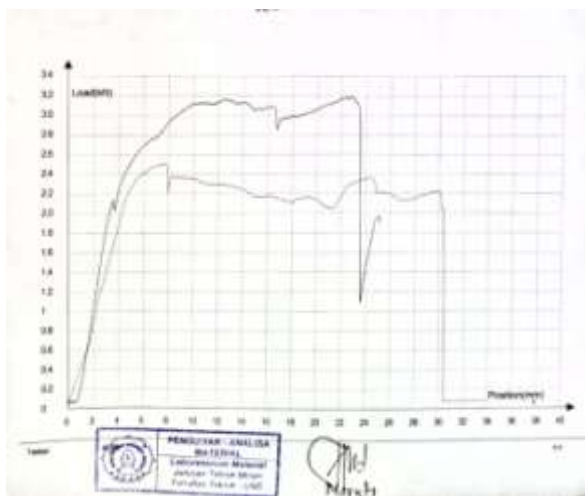
BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D ₀	10 (mm)
Luas penampang A ₀	78,54 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L ₀ (mm)	112 mm
Akhir, L _f (mm)	137 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	27 mm
Beban Luluh (kg)	2810 kg f
Beban Maksimum (kg)	3030 kg f
Beban Putus (kg)	2900 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	35,77 f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	38,5 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	9,4 (mm)

Dari perhitungan diatas mencari perhitungan tegangan maksimal yaitu

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{3030 \text{ kg f}}{78,54 \text{ mm}^2} = 38,5 \text{ kg f/mm}^2$$



Gambar 4.12 desain 2



Gambar 4.13 grafik desain 2

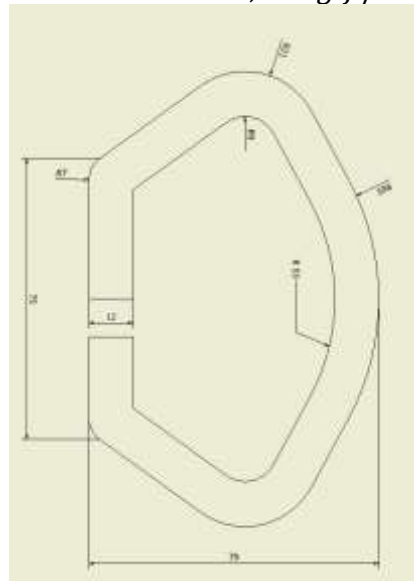
4.4 hasil pengujian tarik desain 2

BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal Do	10 (mm)
Luas penampang A0	78,54 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L0 (mm)	149 mm
Akhir, Lf (mm)	162 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	13 mm
Beban Luluh (kg)	2070 kg f
Beban Maksimum (kg)	2850 kg f

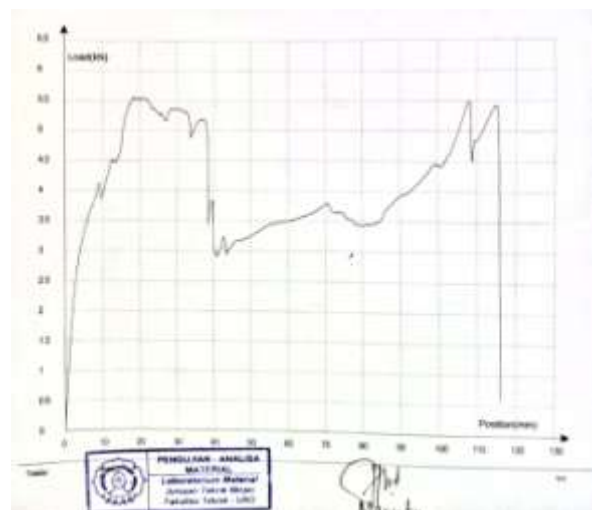
Beban Putus (kg)	2010 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	26,35 f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	36,28 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	9,1 (mm)

Dari perhitungan diatas mencari perhitungan tegangan maksimal yaitu

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{2850 \text{ kg f}}{78,54 \text{ mm}^2} = 36,28 \text{ kg f/mm}^2$$



Gambar 4.14 desain 3



Gambar 4.15 grafik desain 3

Tabel 4.5 hasil pengujian tarik desain 3

BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D ₀	12 (mm)
Luas penampang A ₀	113,10 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L ₀ (mm)	145 mm
Akhir, L _f (mm)	152 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	7 mm
Beban Luluh (kg)	4500 kg f
Beban Maksimum (kg)	5560 kg f
Beban Putus (kg)	5310 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	39,78 f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	49,16 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	11,2 (mm)

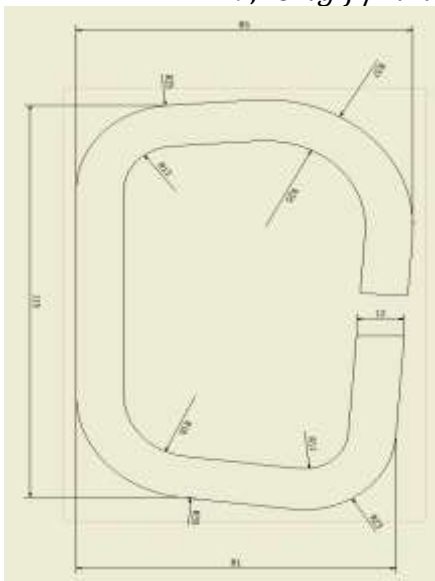
4.17 grafik desain 4

Tabel 4.6 hasil pengujian tarik desain 4

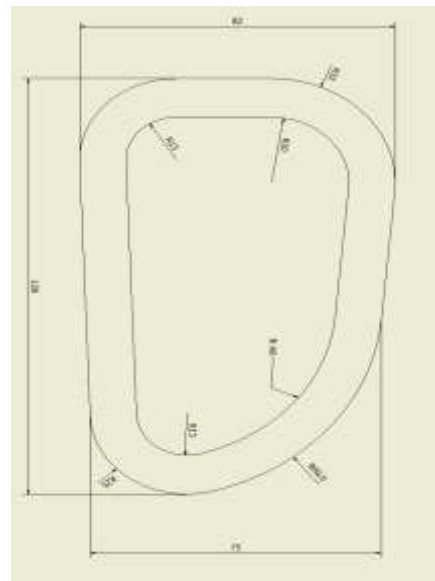
BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D ₀	12 (mm)
Luas penampang A ₀	113,10 (mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L ₀ (mm)	115 mm
Akhir, L _f (mm)	122 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	7 mm
Beban Luluh (kg)	15700 kg f
Beban Maksimum (kg)	15960 kg f
Beban Putus (kg)	13300 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	138,8 f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	141,1 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	11,3 (mm)

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{5560 \text{ kg f}}{113,10 \text{ mm}^2} = 49,16 \text{ kg f/mm}^2$$

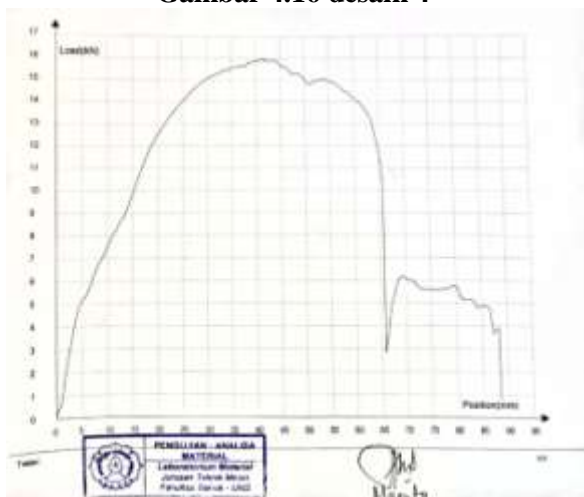
$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{15960 \text{ kg f}}{113,10 \text{ mm}^2} = 141,1 \text{ kg f/mm}^2$$

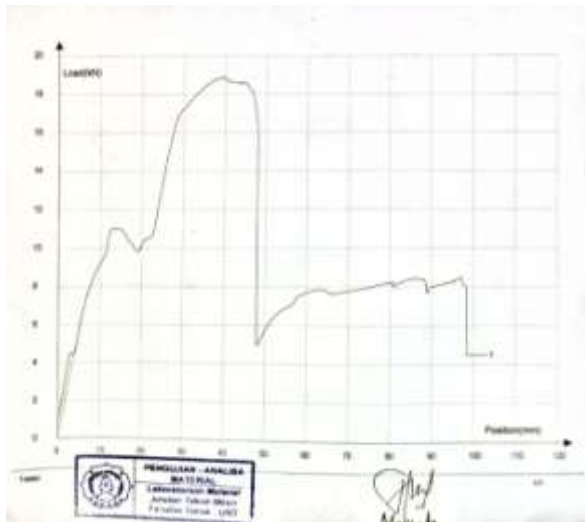


Gambar 4.16 desain 4



Gambar 4.18 desain 5





Gambar 4.19 grafik desain 5

Tabel 4.7 hasil pengujian tarik desain 5

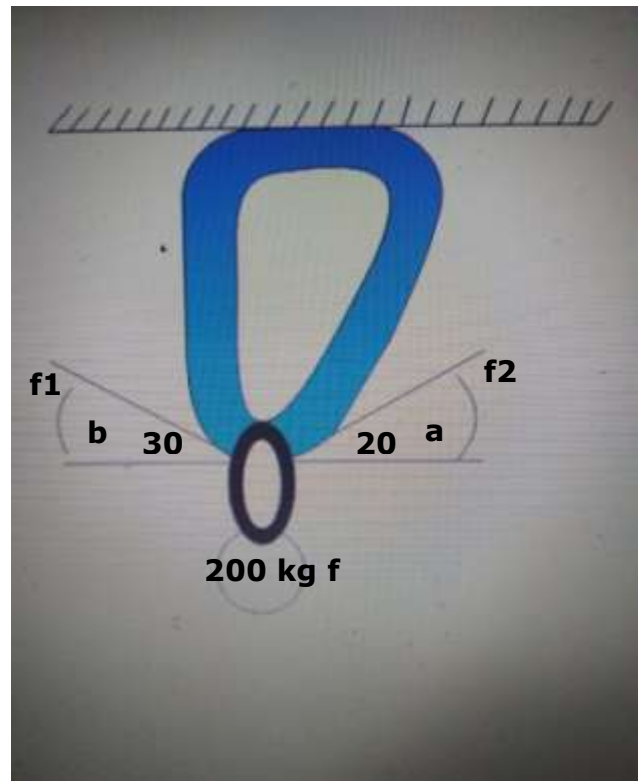
BENDA UJI	ALUMINIUM 6061
Diameter awal D ₀	12 (mm)
Luas penampang A ₀	113,10(mm ²)
Panjang ukur	-
Awal, L ₀ (mm)	128 mm
Akhir, L _f (mm)	142 mm
ΔL Max (pertambahan panjang)	14 mm
Beban Luluh (kg)	17100 kg f
Beban Maksimum (kg)	18870 kg f
Beban Putus (kg)	17300 kg f
Tegangan Luluh (kg/mm ²)	151,19 f / mm ²
Tegangan Max (kg/mm ²)	166,84 kg f / mm ²
Diameter Setelah patah	10,7 (mm)

$$\frac{\text{beban maksimum}}{\text{luas penampang}} = \frac{18870 \text{ kg f}}{113,10 \text{ mm}^2} = 166,84 \text{ kg f/mm}^2$$

Setelah kita melakukan perhitungan-perhitungan itu tadi, maka kita mendapatkan hasil tingkat kekuatan dari ke-5 desain tersebut. Dan dari situlah kita bisa membandingkan desain manakah yang paling kuat dari ke-5 desain carabiner tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan ke-5 desain tersebut, maka kita bisa menganalisa carabiner yang paling kuat dan yang paling rentan patah.

Dari ke-5 desain tersebut yang paling kuat adalah Desain 5, kenapa? karena dia memiliki diameter spesimen yaitu 12 mm, dan tingkat Radius pada desain itu juga rendah, maka dari itu tingkat konsentrasi titik lelehnya tidak terlalu tinggi. Yang *Tegangan max* = 166,84 kg f/mm²

Pada gambar di bawah ini, saya akan mencoba untuk mencari Tegangan Tarik pada Desain Carabiner yang paling kuat yaitu Desain 5 dengan *Tegangan maxnya* = 166,84 kgf/mm²



Gambar 4.20 Percobaan Desain 5

$$f_1 = 30^\circ$$

Diket: $f_2 = 20^\circ$

$$w = 200 \text{ kg f}$$

Ditanya: σ_a & σ_b ?

$$\sum f_x = 0$$

$$f_2 \cos 20^\circ - f_1 \cos 30^\circ = 0$$

$$f_2(0,92) - f_1(0,86) = 0$$

Jawab: $f_2(0,92) = f_1(0,86)$

$$f_2 = \frac{0,86}{0,92} f_1$$

$$f_2 = \frac{43}{46} f_1$$

$$f_2 \sin 20^\circ + f_1 \sin 30^\circ - w = 0$$

$$f_2(0,34) + f_1(0,5) - 200 = 0$$

$$\frac{43}{46} f_1(0,34) + f_1(0,5) - 200 = 0$$

$$\frac{146}{460} f_1 + \frac{230}{460} f_1 = 200$$

$$\frac{376}{460} f_1 = 200 \Rightarrow f_1 = \frac{92000}{376} = 244,68 \text{ kgf}$$

$$f_2 = \frac{43}{46} \cdot f_1 \Rightarrow \frac{43}{46} \times 244,68 = 228,72 \text{ kgf}$$

$$\sigma_a = \frac{f_2}{a} \Rightarrow \frac{228,72}{113,10} = 1,97 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{f_1}{a} \Rightarrow \frac{244,68}{113,10} = 2,16 \text{ kgf/mm}^2$$

Jadi, Tegangan tarik pada sudut $a = 1,97 \text{ kgf/mm}^2$, dan sudut $b = 2,16 \text{ kgf/mm}^2$

Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian dan hasil analisa, maka dalam penelitian ini dapat diketahui nilai kekuatan beban masing-masing spesimen.

Adapun kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Semakin kecil derajat bendungnya, maka semakin kecil kekuatan carabinernya.
2. Semakin kecil derajat bendungnya, maka uji NDT kita akan terjadi kegagalan.
3. Semakin kecil derajat bendungnya, maka konsentrasi tegangan semakin besar.
4. Jadi diantara ke lima desain tersebut, yang paling kuat adalah desain nomor 5

Saran

Supaya penelitian yang akan datang menjadi lebih baik dan akurat, maka penulis menyarankan :

1. Semakin besar derajat bendungnya, maka semakin kuat carabiner tersebut.
2. Untuk dikasih pengait atau kunci pada carabiner tersebut.

REFERENSI

<https://sersasih.wordpress.com/2011/07/21/laporan-material-teknik-uji-tarik/>

<http://arsyananda-desain.blogspot.co.id/2011/12/proses-bending.html>

<http://seputarpengertian.blogspot.com/2017/09/pengertian-studi-literatur.html?m=1>

<https://tipsserbaserbi.blogspot.com/2014/11/contoh-kata-pengantar-skripsi.html>

<http://www.sarjanaku.com/2011/11/contoh-skripsi-teknik-mesin.html>

<http://maknewsnews.blogspot.com/2013/11/macam-alloy-alluminium-dan-paduannya.html>

<http://arissulistyo.blogspot.com/2014/05/aluminium-dan-paduannya.html>

<https://www.beli.com/berbagai-macam-carabiner-dan-manfaatnya/>

<http://arissulistyo.blogspot.com/2014/04/makalah-bending-teknik-mesin-s-1.html>