

ANALISIS TEKUK PADA DAERAH PLASTIS MENGGUNAKAN METODE GERARD DAN EKSPERIMEN

Agus Triono¹⁾

Abstract

Advanced studied of buckling phenomena in plastic region (crippling) is very important because the equations of this phenomena are semi-empirical equations only. The equations are collected from statistical studied from several experiment. One of those equations is founded by Gerard and used to be called Gerard Method. In this research, to proved this equation, crippling experiment of st ringer Al-7075 T6 and Al -7150 T7751 have been done at ITB Aerospace Engineering's Structural Laboratory. From that experiment could be concluded that the equation of crippling could be used to analyzing crippling phenomena because the different between th eoritic and experi ment is about 1.73% to 12.24%

Keywords : crippling, stringer, experiment

PENDAHULUAN

Analisa kegagalan yang sangat mungkin terjadi pada *stringer* pesawat udara adalah kegagalan akibat tekuk atau biasa disebut juga dengan kegagalan *buckling*. Kegagalan *buckling* terjadi jika tegangan yang terjadi pada posisi tertentu telah melebihi tegangan yield material. Kegagalan akibat *buckling* dapat terjadi pada daerah elastis ataupun pada daerah plastis. Kegagalan pada daerah elastis lebih mudah untuk dianalisa karena persamaan umum untuk hal ini sudah didapatkan. Akan tetapi kegagalan pada daerah plastis masih perlu dikaji lebih lanjut karena persamaan - persamaan yang ada masih bersifat semi empiris. Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan analisa kegagalan tekuk pada daerah plastis yang lebih dikenal dengan istilah *crippling*. Analisa *crippling* dilakukan dengan cara mengambil sampel stringer Al -7075 T6 dan Al-7150 T77511.

TINJAUAN PUSTAKA

Fenomena *crippling* tidak sama dengan fenomena *buckling*. Pada fenomena *buckling*, struktur secara keseluruhan belum tentu Struktur dapat saja kembali seperti semula. Hal ini dikarenakan proses terjadinya *buckling* adalah pada daerah elastis. Sehingga ketika beban tekan yang terjadi dihilangkan, struktur akan kembali seperti semula. Sedangkan pada fenomena *crippling*, struktur secara keseluruhan telah gagal. Karena jika beban dihilangkan, struktur tidak akan kembali seperti semula. Hal ini dikarenakan proses yang berlangsung terjadi pada daerah plastis. Proses terjadinya *crippling*, ditandai dengan terjadinya *local buckling* di banyak titik pada struktur yang apabila beban diteruskan akan mengakibatkan stuktur menjadi runtuh. Tegangan di banyak titik tersebut jika dirata-ratakan akan menjadi tegangan *crippling* (*crippling stress*), σ_{cs} .

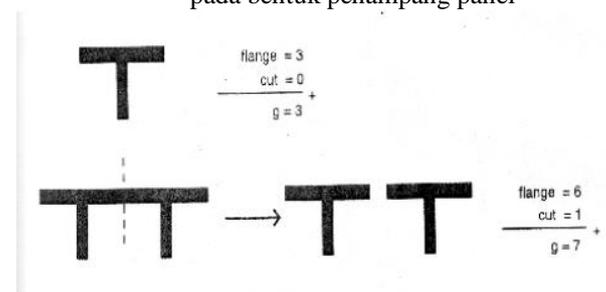
¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNEJ

Penentuan Tegangan Crippling Menggunakan Metode Gerard

Ada beberapa metoda untuk menentukan tegangan crippling dari sebuah struktur. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda *Gerard*. Metoda ini diperoleh dengan cara menggabungkan metoda teoritis dan eksperimen. Sehingga persamaan yang diperoleh masih bersifat semi empiris. Prinsip yang digunakan pada metoda ini adalah dengan melihat bentuk dasar atau *basic unit* dari sebuah struktur. Dari bentuk dasar tersebut diperoleh konstanta yang akan dimasukkan ke dalam persamaan berikut,

$$\frac{\sigma_{cs}}{\sigma_{cy}} = 0.72 \left[\left(\frac{gt^2}{A} \right) \left(\frac{E}{\sigma_{cy}} \right)^{1/2} \right]^{0.85}$$

di mana , σ_{cs} = tegangan *crippling*
 σ_{cy} = tegangan *yielding* tekan
 g = konstanta yang besarnya bergantung pada bentuk penampang panel



Gambar 1. Cara menentukan konstanta g

PENGUJIAN TEKUK

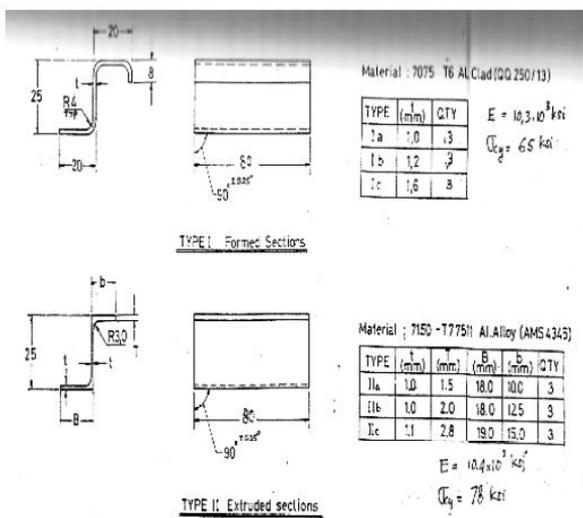
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mesin uji tekan
- Strain gauge
- Komputer
- Junction box
- Data aquisition

- LVDT
- Printer
- Signal conditioner
- Power supply
- Connector box
- Fluke
- Mesin pemotong

Pembuatan Specimen

Spesimen yang digunakan berupa stringer tipe-Z Al-7075 T6 (tipe I) dan Al - 7150 T7751 (tipe II). Masing -masing tipe memiliki 3 konfigurasi dengan ukuran yang berbeda-beda. Untuk setiap konfigurasi dilakukan pengujian sebanyak 2 spesimen. Sehingga jumlah specimen keseluruhan yang diuji adalah sebanyak 12 buah.



Gambar 2. Spesimen uji

Tumpuan yang dimiliki specimen uji diasumsikan berupa tumpuan jepit. Untuk itu dibuat dudukan yang terbuat dari epoksi resin. Epoksi resin ini dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk huruf Z dengan ketebalan 1 cm dan kedalaman 1.25 cm. Untuk mengetahui fenomena tekuk, pada sisi specimen dipasang strain gauge yang saling bertolak belakang. Sehingga ketika terjadi tekuk, pada posisi strain gauge akan terlihat bagian yang mengalami tarik dan bagian yang mengalami tekan. Pemasangan *strain gauge* didahului dengan membersihkan permukaan pelat dengan amplas kemudian dibersihkan dengan *acetone* dan alkohol.

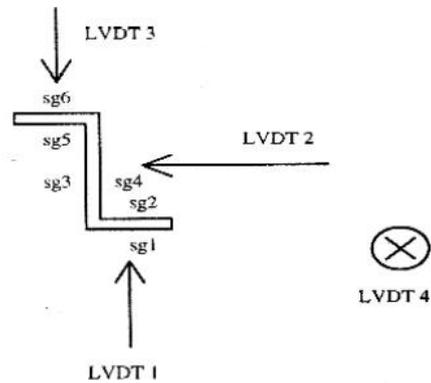
Persiapan Pengujian

Sebelum pengujian dilakukan, perlu dilakukan terlebih dahulu kalibrasi alat. LVDT dikalibrasi dengan bantuan fluke. Mesin uji dikalibrasi dengan bantuan beban standar yang dilengkapi dengan dial ukuran. Kemudian

ditentukan posisi dari specimen agar menguntungkan baik dari segi pengamatan maupun dari sisi keselamatan.

Pemasangan Alat Ukur

Pemasangan strain gauge dan LVDT pada specimen uji adalah sebagai berikut,



Gambar 3. Pemasangan strain gauge dan LVDT

Pelaksanaan Pengujian

Pengujian diawali dengan mengamati distribusi beban pada specimen. Hal ini perlu dilakukan agar beban yang diterima oleh specimen dipastikan merata. Setelah dipastikan distribusi beban merata, pengujian dilanjutkan dengan memberikan beban secara bertahap.

Dalam pengujian ini inkremen yang diambil adalah 1 % dari 1.5 kali beban ultimate teoritis. Dalam tahap-tahap awal, beban yang diberikan rata-rata 40 kgf. Pemberian beban dilanjutkan hingga beban ultimate terlewati.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

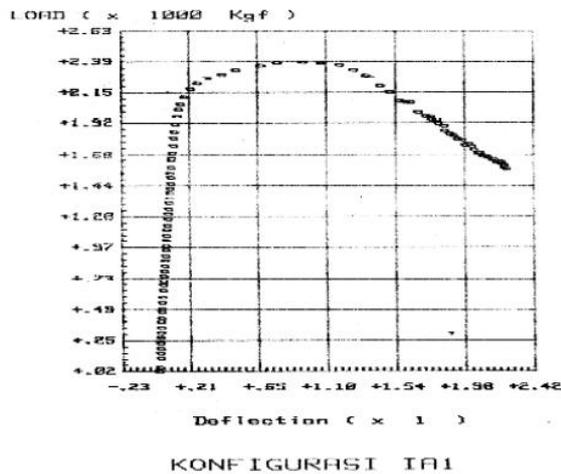
Spesimen Dan Peralatan Uji

Pembuatan dudukan pada ujung specimen dapat mewakili tumpuan jepit sebagai asumsi awal. Untuk specimen yang lebih tebal yaitu tipe C, dudukan diubah dengan membuat cetakan aluminium. Hal ini perlu dilakukan karena pada pengujian sebelumnya dudukan resin pecah akibat tidak mampu menahan beban. LVDT dipasang pada tiap sisi agar letak dari tekuk awal dapat diketahui.

Defleksi Lateral

Pengukuran defleksi lateral bertujuan untuk menentukan kapan mulai terjadi tekuk lokal. Tekuk lokal terjadi ketika terbentuk perubahan kemiringan yang tajam pada kurva defleksi terhadap beban. Dari hasil pengujian terlihat bahwa tekuk lokal pertama kali terjadi pada sisi yang dipasang strain gauge nomor 1 dan 2, kemudian diikuti sisi yang dipasang strain gauge nomor 3 dan 4, baru kemudian sisi yang dipasang strain gauge nomor 5 dan 6. Terjadinya urutan tekuk lokal seperti di atas dapat dimengerti mengingat tepi dari sisi pertama adalah bebas sedangkan sisi yang lain terdapat tekukan. Ini berarti

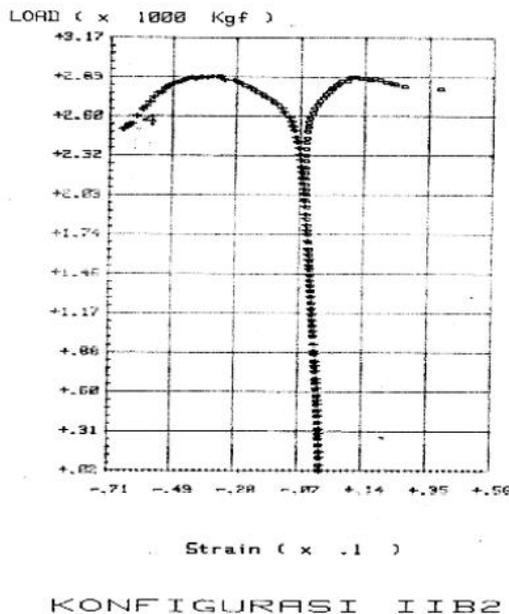
penahan beban hanya pada tekukan sedangkan sisi yang bebas praktis tidak menahan beban.



Gambar 4. Defleksi aksial pada konfigurasi IA1

Kurva Regangan Terhadap Beban

Pemasangan strain gauge yang saling bertolak belakang sangat memudahkan pengamatan tekuk awal. Saat tekuk awal, salah satu strain gauge mengalami tekan sedangkan yang lain mengalami tarik.



Gambar 5. Kurva stress terhadap strain untuk konfigurasi IIB2

Kekuatan Tekuk Crippling

Dari pengujian diperoleh hasil kekuatan crippling untuk masing-masing konfigurasi sebagai berikut,

Tabel 1. Kekuatan *crippling*

| TIPE | Kekuatan Crippling (teoritis) | Kekuatan Crippling (eksperimen) | Perbedaan (%) |
|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
| I A | 2010 | 2180 | 7.80 |
| I B | 2730 | 3110 | 12.24 |
| I C | 4120 | 3940 | 4.57 |
| II A | 2320 | 2220 | 4.50 |
| II B | 2840 | 2890 | 1.73 |
| II C | 3960 | 4030 | 1.74 |

Terlihat bahwa perbedaan antara eksperimen dan teoritis cukup kecil kecuali pada konfigurasi IB. Pada konfigurasi ini, terdapat lengkungan pada spesimen uji. Pada penentuan konstanta g, bentuk dasar yang diperhitungkan diasumsikan tidak terdapat lengkungan. Hal lain yang menyebabkan perbedaan hasil antara eksperimen dan teoritis adalah sulitnya mendapatkan tekuk murni pada pengujian. Selain tekuk murni sangat dimungkinkan terjadi bending. Ini dapat dilihat dari posisi tekuk lokal yang tidak tepat terjadi pada strain gauge melainkan bergeser sedikit ke atas.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian terlihat perbedaan yang relatif kecil antara perhitungan teoritis dan eksperimen. Dengan demikian persamaan semi empiris yang digunakan dalam penelitian ini dapat dipakai sebagai acuan penentuan *failing stress* pada struktur. Dari hasil pengujian terlihat *stringer* yang diuji adalah benar mengalami crippling. Ini terlihat dari tekuk lokal yang terjadi pada sisi-sisi *stringer* sesaat sebelum beban *ultimate* tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bruhn, E.F., *Analysis and design of flight vehicle structures*, Tri-state offset company, Cincinnati Ohio USA.
2. Thompson, J.M.T & Hunt, G.W., *Collapse : the buckling of structures in theory and practice*, Cambridge University Press
3. Chajes, Alexander, *Principles of structural stability theory*, Civil Engineering and Engineering Series
4. Galambos, Theodore V., *Structural members and frames*, Prentice Hall International, London
5. Arbocz J., Poiter M., Singer J., Tvergaard, V., *Buckling and Post Buckling*, Springer Verlag