

## Pengaruh Histerisis Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah

Fusito<sup>1)</sup>, Diah K. Pratiwi<sup>2)\*</sup>

<sup>1)2)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Kampus Indralaya  
Jalan Raya Palembang-Prabumulih Indralaya-Ogan Ilir  
Telp. 0711 580272 Fax. 0711 580741

\* E\_mail: [pratiwi.diahkusuma@yahoo.com](mailto:pratiwi.diahkusuma@yahoo.com)  
[pratiwi.diahkusuma@ft.unsri.ac.id](mailto:pratiwi.diahkusuma@ft.unsri.ac.id)

### Abstrak

Pengamatan terhadap baut dilapangan sering kali mengalami tegangan tarik akibat pengikatan dan kemudian mengalami relaksasi akibat dilepas kembali dari tempatnya. Hal ini berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Guna mengetahui pengaruh kondisi ini, maka dilakukan penelitian dengan melakukan histerisis terhadap spesimen dari bahan baja karbon rendah, karena material ini yang sering digunakan sebagai bahan untuk membuat baut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: setelah di histerisi bertingkat, maka material akan mengalami kenaikan kekuatan tarik, kenaikan kekerasan, dan penurunan regangan yang sangat signifikan. Hal ini menyebabkan material menjadi semakin kuat namun akan lebih mudah putus karena menurunnya elastisitas baut.

**Kata Kunci:** Histerisis, baja karbon rendah, kekuatan tarik, kekerasan, regangan

### *Effect of hysteresis to Mechanical Properties of Low Carbon Steel*

#### Abstract

*Observation the field, bolts in often suffered from tensile stress due to the binding and then relaxation due to be released back out of place. This phenomenon effects on its mechanical properties. Because of that, research conducted by hysteresis specimens from low carbon steel, since this material is often used for making bolts. The results showed that: after hysteresis graded, then the material will increase in tensile strength, hardness, and a significant decrease in strain. This causes the material to become stronger but it will be easier to break up because of reduced elasticity of bolts.*

**Keywords:** *hysteresis, low carbon steel, tensile strength, hardness, strain*

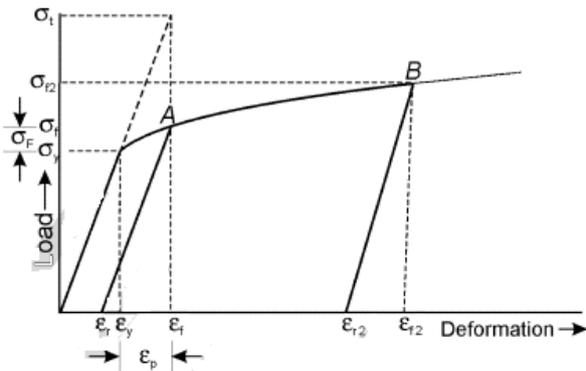
#### Pendahuluan

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon dibawah 0,2%. Baja ini sering digunakan sebagai komponen mesin karena sifatnya yang ulet, kekuatan tarik tinggi, dan mudah untuk dilakukan proses manufaktur. Komponen mesin yang oaling sering menggunakan baja karbon rendah ini adalah baja penguatan untuk beton, baut, pipa, pelat tipis, dan lain-lain.

Pada saat sedang beroperasi, baja ini akan mengalami beban tarik atau kombinasi dengan beban

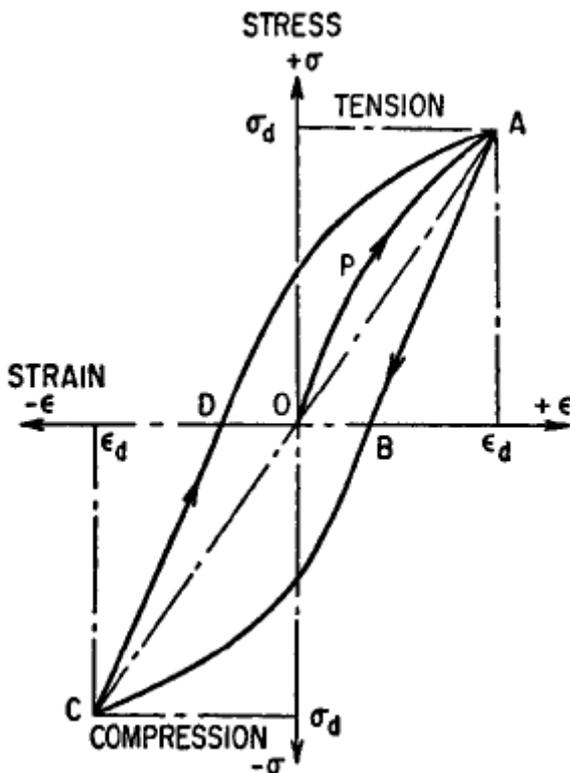
geser atau torsi. Namun sering kali beban ini timbul akibat pengikatan atau pemasangannya sebagai salah satu komponen mesin. Pada saat pengikatan ini dilepas, maka seolah-olah beban dilepas dan komponen mesin baja karbon rendah ini mengalami relaksasi. Kondisi ini terjadi, misalnya pada saat sedang dilakukan proses *maintenance* atau *overhaul*. Kemudian komponen ini kembali diikat atau dipasang dan dioperasikan kembali. Kondisi ini sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik baja. Baja akan mengalami pengerasan akibat regangan atau *strain hardening* pada tegangan  $\sigma_F$  pada fraksi

dari total tegangan setelah tegangan luluh  $\sigma_y$ . Dengan kata lain,  $f = \sigma_F / (\sigma_t - \sigma_y)$  atau dapat ditulis dengan  $\sigma_t - \sigma_y = Y \epsilon_p$  [Martin JS., 2004]. Pada Gambar 1 berikut ini dijelaskan kurva tegangan-regangan.



Gambar 1. Parameter  $f$  terjadi setelah deformasi plastis [Martin JS., 2004].

Pada siklus pembebanan yang berulang, maka beban defleksi pada kurva tegangan-regangan akan membentuk *hysteresis loop* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Kurva tegangan-regangan pada siklus pembebanan berulang [LE. Goodman, 1974]

Akibat pembebanan berulang ini, material akan menjadi semakin keras dan berkurang keuletannya. Kekuatan tarik material adalah:

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0} \tag{1}$$

Tegangan luluh adalah:

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \tag{2}$$

Keuletan adalah:

$$e = \frac{L_i - L_0}{L_0} \tag{3}$$

Reduksi area adalah:

$$q = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \tag{4}$$

Regangan elastis adalah:

$$\epsilon_e = \frac{\sigma_n}{\epsilon} = \frac{P_n / A_0}{\epsilon} \tag{5}$$

$\epsilon$  = modulus elastisitas baja karbon  
 $= 30 \times 10^6 \text{ psi} = 21093 \text{ kg/mm}^2$

Regangan plastis adalah:

$$\epsilon_p = \epsilon_{total} - \epsilon_{en} \tag{6}$$

Guna mengetahui hal ini lebih jauh lagi maka dilakukan pemodelan histerisis skala laboratorium untuk spesimen baja karbon rendah.

**Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan**

Pada penelitian ini, digunakan lima spesimen yang dibuat dari pelat baja karbon rendah. Kelima spesimen ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



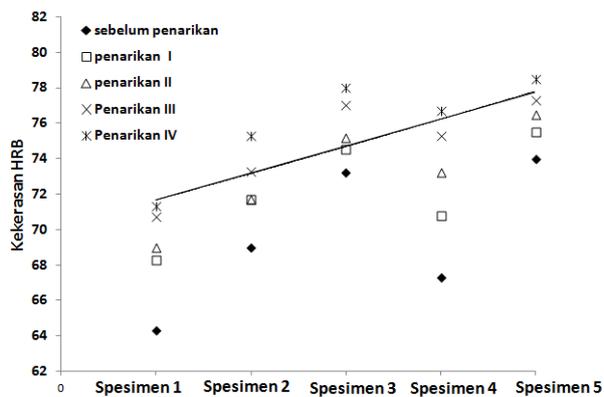
Gambar 3. Lima spesimen uji tarik berulang untuk mengetahui gejala hysteresis.

Sebelum dilakukan pengujian tarik dengan beban berfluktuasi, maka masing-masing spesimen dilakukan uji kekerasan dengan menggunakan metode

Rockwell R<sub>B</sub> tipe RH-3N. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik tipe RAT-30P yang mempunyai kapasitas 30 ton.

**Hasil dan Pembahasan**

Pada masing-masing spesimen dilakukan empat kali penarikan dan pelepasan beban. Sebelum dilakukan pengujian tarik, spesimen dsuiji kekerasannya dengan menggunakan Rockwell B. Demikian juga setiap tahap setelah penarikan. Hasil uji keras ditampilkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik kekerasan HRB setelah diberikan beban tarik berulang

Tampak pada grafik diatas bahwa telah terjadi peningkatan kekerasan pada spesimen uji tarik. Hal ini disebabkan karena pada spesimen telah terjadi pengerasan regangan akibat pembebanan berulang sehingga terjadi kenaikan kekuatan tarik dan pengecilan penampang patahan.

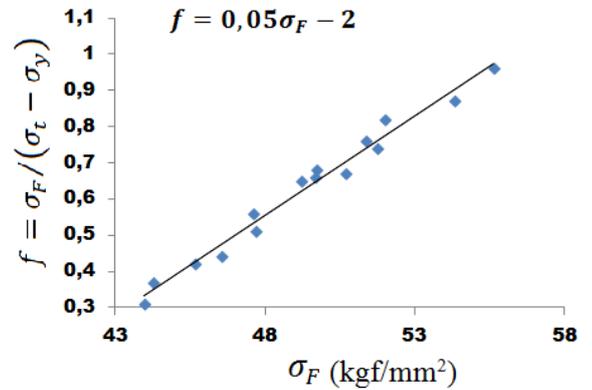
Pada Tabel 1 berikut ini ditunjukkan perubahan ukuran spesimen akibat pembebanan berulang.

Tabel 1. Regangan, kekuatan tarik, tegangan luluh, dan reduksi area pada kelima spesimen

	$\epsilon$	$\sigma_u$ (Kgf/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_y$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	q (%)
Spesimen 1	0,14	56,25	38,9	0,4345
Spesimen 2	0,16	55,2	38	0,44
Spesimen 3	0,18	55,4	38,75	0,42
Spesimen 4	0,15	56,75	38,25	0,468
Spesimen 5	0,17	54,9	38,85	0,44

Pada tabel tampak bahwa nilai Regangan, kekuatan tarik, tegangan luluh, dan reduksi area pada kelima spesimen hampir sama. Hal ini disebabkan karena spesimen dibuat dari bahan yang sama. Perbedaan

yang terjadi karena secara mikro material tetap tidak homogen. Maka tetap akan terjadi perubahan sifat mekanik akibat pembebanan berulang atah histerisis. Hal ini dibuktikan oleh grafik yang ditampilkan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Kurva hubungan antara f dan  $\sigma_f$  untuk baja karbon rendah

Dari hubungan antara f dan  $\sigma_f$  diatas tampak bahwa faksi pengerasan regangan dan total kenaikan tegangan akan naik dengan hubungan:

$$f = 0,05\sigma_f - 2 \tag{7}$$

maka gejala histerisis akibat beban tarik berulang akan menyebabkan material akan mengalami pengerasan akibat regangan dan hal ini berarti kekerasan materialpun akan meningkat.

**Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat dirumuskan dari penelitian ini adalah:

1. Spesimen uji tarik akan putus ditempat yang tidak pernah sama dengan spesimen yang lain. Namun spesimen ini akan putus ditempat yang paling banyak mengandung cacat internal didalam logam, seperti: dislokasi, void, retak mikro, dan lain-lain.
2. Pembebanan berulang untuk spesimen-spesimen yang berasal dari material yang sama seharusnya akan memberikan respon yang sama, termasuk menaikkan kekerasan seharusnya konstan, namun keheterogenan secara mikro menyebabkan respon masing-masing material berbeda
3. Aplikasi dilapangan, misalnya pada baut-baut yang dibuat dari material baja karbon rendah, kondisi pengikatan dan pelepasan baut menyebabkan baut-baut tersebut mengalami

beban berulang dan akan mengalami gejala histerisis. Hal ini akan meningkatkan kekerasan akibat pengerasan regangan dan menurunkan keuletan.

4. Penelitian ini masih perlu dilanjutkan lagi untuk mengetahui respon dari jenis material yang berbeda akibat pembebanan tarik berulang.

#### **Ucapan Terima kasih**

Ucapan terimakasih disampaikan kepada:

1. Sdr. Suyatno, teknisi laboratorium metallurgi yang telah membantu selama proses penelitian ini.
2. Sdr. Chandra Hartono dan Sdr. Edward Kenn yang telah membantu kelancaran penelitian ini
3. Sdr. Dewi Puspita Sari yang telah membantu sehingga makalah ini dapat dipresentasikan dalam SNTTM XI dan diterbitkan dalam prosiding.

#### **Referensi**

Chandra Hartono, **Gejala histerisis pada pelat baja karbon rendah**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 1997

Edward Kenn., **Kajian Perubahan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah akibat Pembebanan Tarik Berulang**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 1998

Martin JS, Tanio Y, Fernando JGL, **Modeling Plastic Deformation Effects and Steel on Hysterisis Loops with The Same Maximum Flux Density**, *IEEE, Intr. Journal of Transsaction on Magnetics*, Volume 40. No. 5, p: 1-8, 2004

Goodman L.E, **Material Damping and Slip Damping**, 1960