

# ANALISIS PENGARUH FLATTENING TERHADAP HASIL UJI TARIK MENGGUNAKAN METODE EKSPERIMEN PADA PIPA BAJA KARBON API X65 DENGAN DIAMETER 52" DAN KETEBALAN 25MM

Rapiansyah Putra<sup>1</sup> Kiantoro<sup>2</sup>

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Batam, Jl. Uniba No. 5 Batam Center, Batam, Kepulauan Riau, 29432, Indonesia

## Abstrak

Pengujian tarik menggunakan flattening akan memberikan dampak seperti mengurangi young modulus dan yield strength. Kuat tarik tidak terpengaruh banyak dan regangan untuk flattening justru lebih besar. Pengaruh *flattening* terhadap *young modulus*, kuat luluh, kuat Tarik dan regangan pada hasil uji Tarik adalah memberikan dampak seperti mengurangi *young modulus* (379.6 Gpa ke 128.0Gpa) dan *yield strength* (493 N/mm<sup>2</sup> ke 412 N/mm<sup>2</sup>) serta kuat tarik tidak terpengaruh banyak (617 N/mm<sup>2</sup> ke 584 N/mm<sup>2</sup>) dan regangan untuk flattening justru lebih besar 47% ke 36% untuk non-flattening. Bisa disimpulkan bahwa penggunaan metode flattening bisa mengakibatkan kegagalan pada production test yang mengakibatkan reject pada pengujian tarik di pipa baja karbon API X65. Untuk persyaratan API X65 dengan yield strength 450 N/mm<sup>2</sup> , hasil pengujian kita dengan konstan mendapatkan hasil dibawah minimum yaitu 430 N/mm<sup>2</sup>, 448 N/mm<sup>2</sup>, 447 N/mm<sup>2</sup> dan 412 N/mm<sup>2</sup> untuk spesimen uji tarik dengan metode flattening.

**Kata kunci:** *Flattening, Uji Tarik, API 5L, young modulus, yield strength, kuat tarik, regangan.*

## Abstract

The tensile test uses flattening will have an impact such as reducing young modulus and yield strength. The tensile strength is not affected much and the strain for flattening is actually greater. The effect of flattening on young modulus, yield strength, tensile strength and strain on tensile test results is to have an impact such as reducing young modulus (379.6 Gpa to 128.0 Gpa) and yield strength (493 N/mm<sup>2</sup> to 412 N/mm<sup>2</sup>) and tensile strength is not affected much (617 N/mm<sup>2</sup> to 584 N/mm<sup>2</sup>) and the strain for flattening is actually greater by 47% to 36% for non-flattening. It can be concluded that using the flattening method can result in failure in the production test which results in rejection of the tensile test on API X65 carbon steel pipe. For API X65 requirements with a yield strength of 450 N/mm<sup>2</sup>, our test results consistently get results below the minimum, namely 430 N/mm<sup>2</sup>, 448 N/mm<sup>2</sup>, 447 N/mm<sup>2</sup> and 412 N/mm<sup>2</sup> for tensile test specimens using the flattening method.

**Keywords :** *Flattening, Tensile Test, API 5L, young modulus, yield strength, tensile strength, elongation.*

## 1. Pendahuluan

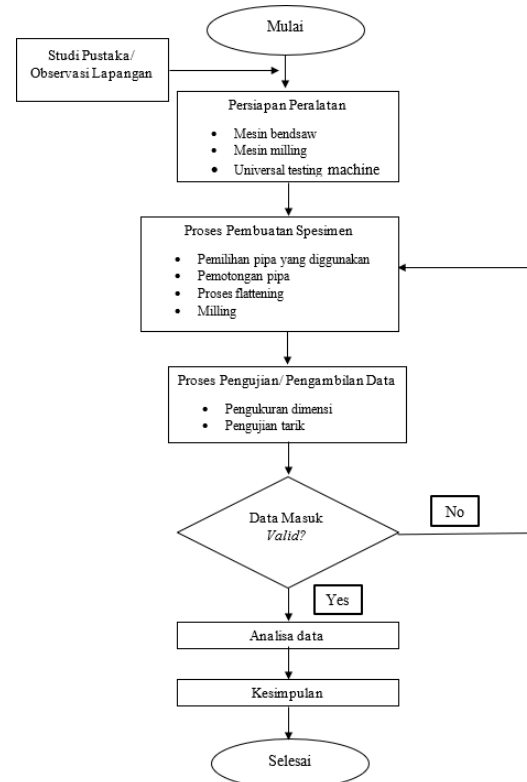
API 5L adalah standar yang dikembangkan oleh *American Petroleum Institute (API)*. Standar mencakup bahan, rancangan, pembuatan, perakitan, Inspeksi, Pengujian, dan pengelasan. Singkatnya, spesifikasi API 5L yang diterbitkan oleh American Petroleum Institute untuk pipa saluran menetapkan persyaratan pipa baja seamless dan dilas yang digunakan untuk sistem transportasi minyak dan gas. Program sertifikasi ini memerlukan pengujian terperinci, termasuk pengujian hidrostatik, pengujian non-destruktif, dan pengujian destruktif seperti uji tarik. Uji tarik pada pipa adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengukur kekuatan tarik atau kekuatan regangan pada pipa. Uji tarik ini penting dalam menentukan apakah pipa tersebut memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan dalam aplikasi tertentu. Sebagai contoh, untuk pipa API 5L X65 memiliki *yield strength* minimum di  $450 \text{ N/mm}^2$  dan *tensile strength* di minimal  $535 \text{ N/mm}^2$

Permasalahan utama terletak pada saat production test untuk pengujian tarik API 5L menghasilkan hasil uji tarik yang berbeda sebelum rollingnya pipa dari plat yang mengakibatkan kegagalan atau reject saat produksi pipa.

Berdasarkan penelitian dari N. Pratham, et al., 2021 pada jurnalnya dengan judul *Comparison Between Yield Strength Results Obtained From Methods Using Both Flattened and Non-Flattened Specimens* menyatakan bahwa kuat luluh dari spesimen uji tarik yang mengalami *flattening* dipastikan memiliki banyak variasi tergantung dari metode *flattening* yang berbeda-beda. Sebagai tambahan, perbedaannya lebih besar jika dibandingkan antara hasil uji tarik dari spesimen uji tarik yang di *flattening* dengan tanpa *flattening*. Sangat disarankan untuk menggunakan uji tarik tanpa *flattening* pada production test.

Di lain pihak, berdasarkan penelitian K. Singon, et al., 2018 pada jurnalnya dengan judul *Effect of Pipe Flattening in API X65 Linepipe Steels Having Bainite vs. Ferrite/Pearlite Microstructures* menyatakan bahwa jika melakukan uji tarik pada arah melintang dengan proses *flattening*, kuat luluh akan berkurang dikarenakan oleh efek Bauschinger yang terjadi karena adanya tegangan saat melakukan kompresi terhadap spesimen uji tarik.

## 2. Metode Penelitian

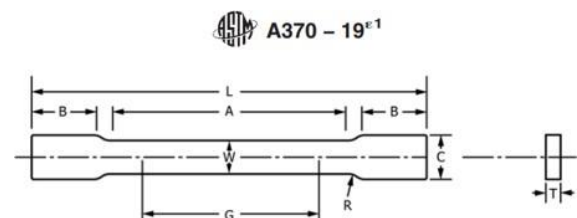


Gambar 1 Diagram Aliran Penelitian

Metode Eksperimental bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain atau menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya. Dalam bab ini akan dilakukan pengujian dengan 4 (empat) spesimen uji tarik akan di siapkan menggunakan internal prosedur PROD-4-13 dan akan diuji menggunakan mesin yang terkalibrasi. Hasil dari ke empat spesimen uji tarik tersebut akan dibandingkan dengan 4 (empat) spesimen uji tarik akan di siapkan tanpa proses *flattening* PROD-4-13-WF

## 3. Proses Pembuatan Benda Uji Tarik

Sebagai subyek dalam eksperimen yang digunakan dalam pengujian adalah **Preparasi Sampel**. Ukuran spesimen dipreparasi dengan spesifikasi standard spesimen (ASTM A370), yaitu:

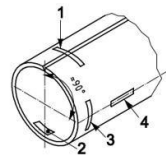


Gambar 2 Benda Uji Tarik

Spesimen uji tarik di bentuk dari pipa berdiameter 52" dengan ketebalan 25mm. Kadar kandungan kimia telah dipastikan dengan pengujian OES. Kedelapan spesimen tersebut di ambil dari pipa yang sama dan sesuai dengan API 5L yaitu T180 dari *Longseam Weld*.

Tabel 1 Ukuran Benda Uji Tarik

| Lebar Spesimen (A) | Gage Length (C) | Reduced Section (D) | Radius | t                     |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------|-----------------------|
| 12.7mm             | 50.8mm          | 65mm                | 1"     | Sesuai ketebalan asli |



**Key**

- 1 W—transverse weld sample, centered on the weld
- 2 T180—transverse sample, centered = 180° from the longitudinal weld
- 3 T90—transverse sample, centered = 90° from the longitudinal weld
- 4 L90—longitudinal sample, centered = 90° from the longitudinal weld

b) CW, LFW, HFW, LW, SAWL, and COWL pipe

Gambar 2 Lokasi Pengambilan Benda uji

(sumber: API 5L 46<sup>th</sup> Edition)

### 3.1 Identifikasi Spesimen Uji

Perbandingan hasil uji tarik spesimen melintang pada Prosedur PROD-4-13 dan Prosedur PROD-4-13WF telah dilaksanakan pada tanggal 12 Agustus 2023 dengan penandaan spesimen sebagai berikut.

Tabel 2 Identifikasi Spesimen

| Identifikasi            | PROD-4-13 | PROD-4-13 WF |
|-------------------------|-----------|--------------|
| Penandaan pada spesimen | F-1       | WF-1         |
|                         | F-2       | WF-2         |
|                         | F-3       | WF-3         |
|                         | F-4       | WF-4         |

### 3.2 Parameter Spesimen Uji

Berikut paramater yang diggunakan untuk kedua prosedur yang dipakai dari segi lebar spesimen, ketebalan spesimen, *reduced section* dan kecepatan *flattening*.

Tabel 3 Parameter Spesimen

| Parameter                   | PROD-4-13                          | PROD-4-13 WF                                          |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Lebar Spesimen              | Lebar Spesimen: ½" atau 12.7mm     | Lebar Spesimen: ½" atau 12.7mm                        |
| Ketebalan Spesimen          | Ketebalan Penuh<br>Ketebalan: 25mm | Kedua permukaan di <i>milling</i><br>kurang dari 1 mm |
| Reduced Section             | Bagian yang diuji akan di luruskan | Bagian yang diuji tidak diluruskan                    |
| Kecepatan <i>Flattening</i> | 3mm/ Min                           | 3mm/ Min                                              |

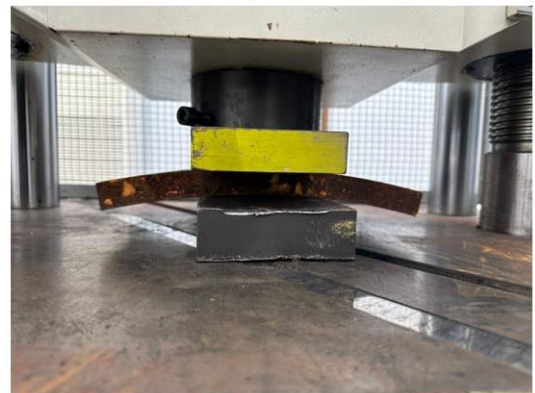
### 3.3 Proses pembuatan spesimen PROD-4-13

Untuk pembentukan spesimen PROD-4-13, ditandai dengan Marking F yang berarti *Flattening*.



Gambar 3 Pipa pembuatan spesimen PROD-4-13

Benda uji langsung di ratain dan bagian yang diuji akan di luruskan dengan kecepatan 3mm/ Min.



Gambar 4 *Flattening* spesimen PROD-4-13

Setelah perlurusan, maka terbentuklah balok yang siap dilanjutkan ke langkah berikut yaitu *milling*.



Gambar 5 Bentuk benda uji setelah flattening untuk PROD-4-:

Setelah proses milling, maka terbentuklah spesimen dengan tanda F yang siap diuji.



Gambar 6 Benda uji setelah proses permesinan untuk PROD-4-1

### 3.4 Proses pembuatan spesimen PROD-4-13 WF

Untuk pembentukan spesimen PROD-4-13, ditandai dengan Marking WF yang berarti Without Flattening.



Gambar 7 Pipa pembuatan spesimen PROD-4-13 WF

Bagian yang akan diuji akan ditandai untuk menghindari dari deformasi. Benda uji langsung dihaluskan dirata diluar bagian yang diuji akan di luruskan dengan kecepatan 3mm/ Min.



Gambar 8 Proses pembuatan spesimen PROD-4-13 WF

Setelah perlurusan, masih terbentuk curve dan akan langsung diproses milling.



Gambar 9 Benda uji setelah permesinan untuk PROD-4-13 WF

### 3.5 Pengukuran Dimensi Spesimen

Pengukuran menggunakan kaliper yang telah dikalibrasi dan gauge length akan di punch pada permukaan spesimen untuk menghitung regangan.

Tabel 4 Pengukuran dimensi spesimen

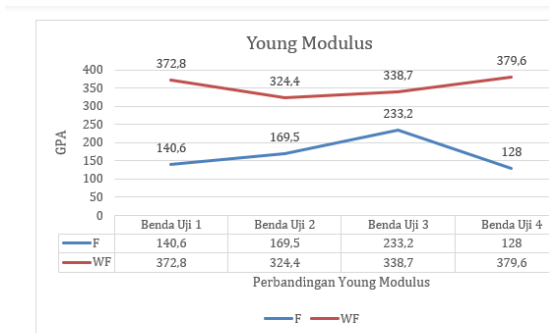
| Dimensi (mm) | PROD-4-13 |       |       |       | PROD-4-13 WF |       |       |       |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| Identifikasi | F1        | F2    | F3    | F4    | WF1          | WF3   | WF3   | WF4   |
| Ketebalan    | 25.22     | 25.26 | 25.22 | 25.50 | 24.41        | 24.50 | 24.45 | 24.48 |
| Lebar        | 12.78     | 12.76 | 12.74 | 12.75 | 12.74        | 12.76 | 12.77 | 12.77 |
| Gauge Length | 50.8      | 50.8  | 50.8  | 50.8  | 50.8         | 50.8  | 50.8  | 50.8  |

## 4. Hasil Pengujian dan Pembahasan

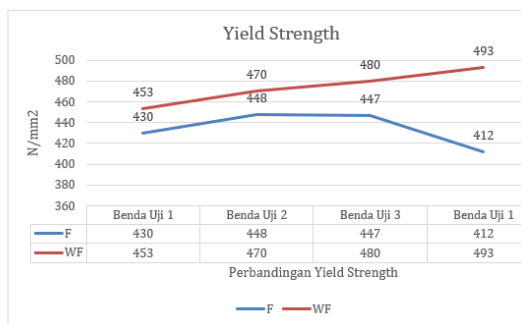
Tabel 5 Hasil Analisa Perbandingan

| Sifat Mekanis                                | Hasil Uji Tarik |       | Hasil Uji Tarik |       | Hasil                          |
|----------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------------|
| Uji Tarik API                                | dengan Prosedur |       | dengan Prosedur |       | Analisa                        |
| SL X65                                       | PROD-4-13       |       | PROD-4-13-WF    |       |                                |
| Young modulus<br><br>(Gpa)                   | 1               | 140.6 | 1               | 372.8 | Prod-4-13WF Lebih tinggi       |
|                                              | 2               | 169.5 | 2               | 324.4 |                                |
|                                              | 3               | 233.2 | 3               | 338.7 |                                |
|                                              | 4               | 128.0 | 4               | 379.6 |                                |
| Yield Strength<br><br>(N/mm <sup>2</sup> )   | 1               | 430   | 1               | 453   | Prod-4-13WF Lebih tinggi       |
|                                              | 2               | 448   | 2               | 470   |                                |
|                                              | 3               | 447   | 3               | 480   |                                |
|                                              | 4               | 412   | 4               | 493   |                                |
| Minimum 450<br><br>N/mm <sup>2</sup>         |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
| Tensile Strength<br><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 1               | 576   | 1               | 576   | Tidak ada perbedaan signifikan |
|                                              | 2               | 614   | 2               | 591   |                                |
|                                              | 3               | 584   | 3               | 589   |                                |
|                                              | 4               | 590   | 4               | 617   |                                |
| Minimum 535<br><br>N/mm <sup>2</sup>         |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
|                                              |                 |       |                 |       |                                |
| Elongation<br><br>(%)                        | 1               | 47    | 1               | 38    | Prod-4-13WF Lebih Rendah       |
|                                              | 2               | 45    | 2               | 36    |                                |
|                                              | 3               | 45    | 3               | 37    |                                |
|                                              | 4               | 45    | 4               | 38    |                                |

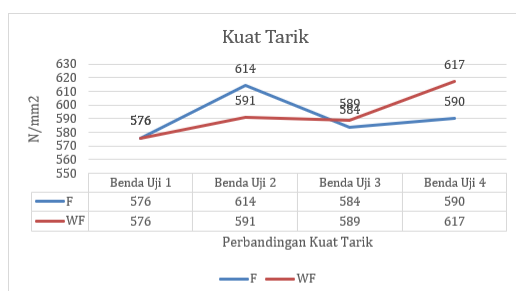
Dari data analisa diatas menunjukkan bahwa jika pengujian tarik menggunakan flattening akan memberikan dampak seperti mengurangi young modulus dan yield strength. Kuat tarik tidak terpengaruh banyak dan regangan untuk flattening justru lebih besar.



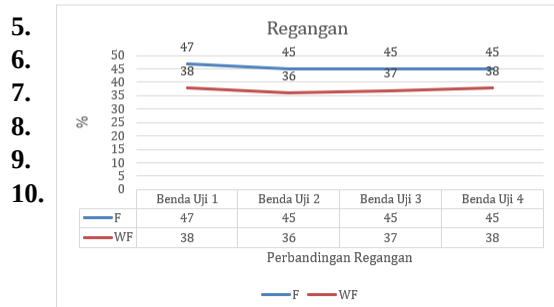
Gambar 10 Perbandingan Young modulus



Gambar 11 Perbandingan Yield Strength



Gambar 12 Perbandingan Kuat Tarik



Gambar 13 Perbandingan Regangan

## 5. Kesimpulan

Proses flattening memiliki pengaruh besar terhadap deformasi dan Young's Modulus dimana hasil yield strength pada material akan berkurang olehnya.

1. Pengaruh *flattening* terhadap *young modulus*, kuat luluh, kuat Tarik dan regangan pada hasil uji Tarik adalah memberikan dampak seperti:

- Mengurangi *young modulus* yang bisa dilihat dari data 379.6 Gpa untuk yang non flattening ke 128.0 Gpa yang *flattening* dan juga untuk *yield strength* dari 493 N/mm<sup>2</sup> untuk yang non *flattening* ke 412 N/mm<sup>2</sup> untuk yang *flattening*.
- Kuat tarik tidak terpengaruh banyak dari data 617 N/mm<sup>2</sup> untuk yang *non-flattening* ke 584 N/mm<sup>2</sup> untuk *flattening* dan regangan untuk *flattening* justru lebih besar 47% ke 36% untuk *non-flattening*.

2. Jika dibandingkan dengan metode pengujian tarik pada arah melintang yang memakai metode non-flattening PROD-4-13-WF, maka bisa menyimpulkan bahwa penggunaan metode flattening bisa mengakibatkan kegagalan pada production test yang mengakibatkan reject pada pengujian tarik di pipa baja karbon API X65.

Untuk persyaratan API X65 dengan *yield strength* 450 N/mm<sup>2</sup>, hasil pengujian kita dengan konstan mendapatkan hasil dibawah minimum yaitu 430 N/mm<sup>2</sup>, 448 N/mm<sup>2</sup>, 447 N/mm<sup>2</sup> dan 412 N/mm<sup>2</sup> untuk spesimen uji tarik dengan metode *flattening*.

## Daftar Pustaka

- [1] API 5L 46<sup>th</sup> (Line Pipe) pp. 31 to 53 Available
- [2] <https://www.modiranahan.com/uploads/pdf/Standarsharing--API-5L-2018.pdf> diakses 25 Juni 2023.
- [3] Askeland., D. R., 1985, "The Science and Engineering of Material", Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA
- [4] ASTM A370/ A370M, pp. 27 to 29. Available <http://www.metalspiping.com/wp-content/uploads/2017/12/astm-a370-asma-370.pdf> diakses 25 Juni 2023.
- [5] ASTM E8/ E8M/13a (Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials), pp. 23. Available <https://www.galvanizeit.com/uploads/ASTM-E-8-yr-13.pdf> diakses 25 Juni 2023.
- [6] Baldev Raj, T. Jayakumar, M. Thavasimuthu Practical Non-destructive Testing Woodhead Publishing, 2002
- [7] Callister Jr., W.D., Material Science and Engineering An Introduction. Seventh Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2007
- [15] H.-C. Wu, *Continuum Mechanics and Plasticity*, CRC Press (2005), ISBN 1-58488-363-4
- [16] Laktin Y, 1986, *Engineering Physical Metallurgy*, Mir Publisher, Moscow.
- [17] "NDT-ed.org". Diarsipkan dari versi asli tanggal 2014-02-16. diakses 25 Juni 2023.
- [8] Chester J. Van Tyne dan Timothy S. Weeks *Effect of Pipe Flattening in API X65 Linepipe Steels Having Bainite vs. Ferrite/Pearlite Microstructures*., 2018
- [9] Dieter, George E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga K. Singon Kang, John G. Speer
- [10] E.J. Pavlina and C.J. Van Tyne, "Correlation of Yield Strength and Tensile Strength with Hardness for Steels Diarsipkan 2020- 05-13 di Wayback Machine.", *Journal of Materials Engineering and Performance*, 17:6 (December 2008)
- [11] Eric Gregerson *Young modulus's Physic* Available <https://www.britannica.com/science/Young-modulus> diakses 25 Juni 2023.
- [12] N. Pratham, Dimopoulos and W William. *Comparison Between Yield Strength Results Obtained From Methods Using Both Flattened and Non-Flattened Specimens*., 2021
- [13] Sacri Subandi, Ir, *Pengujian material*, Bina Cipta, Jakarta
- [14] Sears, Francis W., Mark W. Zemansky, dan Hugh D. Young. 1984. *University Physics Sizth Edition Part I*. Addison-Wesley.Masschuset