

PENGARUH PROSES *STRESS RELIEVING* TERHADAP NILAI KEKERASAN PIPA SETELAH PROSES *SWAGING*

Rivaldo Rimo¹, Nurul Laili Arifin^{1*}, Tian Havwini¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: laili@polibatam.ac.id

Article history

Received:
13-12-2022
Accepted:
27-12-2022
Published:
31-12-2022

Copyright © 2022
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Stress relieving merupakan suatu proses perlakuan panas yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan terhadap ujung material yang telah dilakukan proses deformasi, baik deformasi internal (*swaging*) atau deformasi eksternal (*expanding*). Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa atau sisa kekerasan yang dihasilkan dari proses *end sizing*, serta mengembalikan tingkat *stress* pada pipa akibat proses *swaging* dengan cara memanaskan material sesuai suhu dan pembentukan material itu sendiri. Sedangkan *swaging* adalah proses penempaan pada silinder pipa untuk memperkecil ujung pipa, serta membentuk ujung pipa sesuai permintaan dari pemesan, baik proses deformasi internal maupun eksternal. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kekerasan material pipa pada perlakuan *non swaging*, *swaging*, dan *swaging + stress relieving*. Pengujian ini menggunakan material *carbon steel grade L80* pipa ukuran 3 ½ inci dengan panjang pipa 6 ft. Tekanan yang diberikan saat *swaging* yang adalah 2.850 psi selama 30 detik, dengan nilai *swage stroke* 118,00 mm. Sedangkan perlakuan *stress relieving* diberikan pemanasan pada rentang suhu 595°C – 625°C dengan *soaking time* 60 detik. Dari ketiga perlakuan tersebut, kekerasan tertinggi diperoleh dari proses *swaging* dengan nilai 19,2 HRC sedangkan kekerasan terendah ditunjukkan oleh spesimen *non swaging* dengan nilai 16,7 HRC.

Kata Kunci: *Stress relieving*, kekerasan, *swaging*

Abstract

Stress relieving is a heat treatment process that aims to eliminate stress on the end of the material that has been deformed, either internal deformation (*swaging*) or external deformation (*expanding*). This treatment aims to eliminate residual stress or residual hardness resulting from the *end-sizing* process and restore the stress level in the pipe due to the *swaging* process by heating the material according to the temperature and formation of the material itself. While *swaging* is a forging process on the pipe cylinder to reduce the end of the pipe, as well as forming the end of the pipe according to the request of the customer, both internal and external deformation processes. This study aims to compare the hardness value of pipe material in *non-swaging*, *swaging*, and *swaging + stress relieving* treatments. This test uses *carbon steel material grade L80* pipe size 3 ½ inches with a pipe length of 6 ft. The pressure applied during *swaging* was 2,850 psi for 30 seconds, with a *swage stroke* value of 118.00 mm. While the *stress-relieving* treatment is given heating in the temperature range of 595°C – 625°C with a *soaking time* of 60 seconds. Of the three treatments, the highest hardness was obtained from the *swaging* process with a value of 19.2 HRC while the lowest hardness was shown by the *non-swaging* specimen with a value of 16.7 HRC.

Keywords: *Stress relieving*, hardness, *swaging*

1.0 PENDAHULUAN

Pipa OCTG (*Oil Country Tubular Goods*) diproduksi sesuai dengan spesifikasi API (*American Petroleum Institute*) dan digunakan di darat maupun lepas pantai. Dalam industri perminyakan, pipa ini sangat

dibutuhkan dalam setiap proses pengeboran minyak, gas, maupun energi panas bumi. [1]

Produk-produk OCTG dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu: *drill pipe*, *casing* dan *tubing pipe*. Produk jenis *tubing* berperan sangat penting dalam ekstraksi migas, karena dapat mengangkat

minyak, gas, atau uap panas ke permukaan dengan bantuan pompa.[2]

Industri manufaktur OCTG melibatkan beberapa tahapan proses pembuatan antara lain: pembersihan pipa dari karat, *heat treatment*, *swaging*, *stress relieving*, *machining*, *bucking*, *coating*, dan proses kimiawi lainnya.[3]

Salah satu tahapan manufaktur OCTG yakni *stress relieving* merupakan perlakuan panas dengan mengaplikasikan pemanasan dan pendinginan yang terkontrol yang bertujuan untuk mengubah sifat fisik logam. Prosedur perlakuan panas tersebut berbeda-beda tergantung tujuan dari pemberian proses perlakuan tersebut, yang biasanya mengacu pada sifat-sifat mekanik dari pada material benda kerja. Langkah pertama dalam *heat treatment* adalah pemanasan logam atau paduan dalam suhu yang berbeda-beda tanpa memberikan waktu penahanan (*holding time*).[4]

Proses *swaging* adalah penempaan silinder berlubang atau pipa untuk memperkecil ujung pipa atau mengatur kelonjongan. Pipa yang berada di atas *conveyor* bergerak masuk ke dalam *machine swaging*, kemudian *clamp* pada mesin akan mencengkeram pipa supaya tetap diam dan tidak berubah posisi. Bagian *cylinder* mesin *swaging* akan bergerak dan menempa pipa untuk memperkecil ujung pipa agar nilai pada lubang pipa atau kelonjongan (*ovality*) serta diameter sesuai dengan spesifikasi.[5]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan *stress relieving* pada produk hasil *swaging*. Untuk itu, perlu diselidiki kekerasan antara pipa *non-swaging*, *swaging*, dan *swaging + stress relieving*. Sampel yang digunakan adalah produk *tubing carbon steel grade L80* pipa 3 ½ inci. Material ini memiliki kandungan karbon lebih besar, yakni sekitar 0,12 – 2%, sehingga pipa menjadi sangat kuat, tahan korosi, tidak lentur, dan mudah digunakan.[6]

Batasan masalah dalam studi ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah:

1. Spesimen yang digunakan dalam penelitian adalah menggunakan material *carbon steel grade L80* dengan ukuran 3 ½ inci.
2. Proses *swaging* dilakukan dengan tekanan 2.850 psi selama 30 detik.
3. Proses *stress relieving/ heat treatment* menggunakan suhu 595 °C – 625 °C.
4. Dalam proses *stress relieving/ heat treatment soaking time* yang digunakan adalah 60 detik.

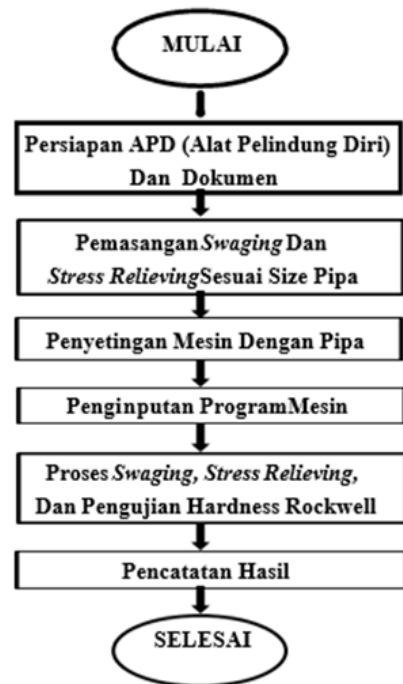
2.0 METODE

Pekerjaan dalam penelitian meliputi beberapa tahapan. Sebelum memulai semua pekerjaan, penting untuk mengidentifikasi bahaya pada saat proses pekerjaan agar tidak terjadinya kecelakaan pada saat pengoperasian dimulai. Selanjutnya seperti persiapan awal dapat dilakukan seperti APD, dokumen *work order*, *drawing* dan lain-lain. Setelah persiapan yang memadai, dapat dilanjutkan dengan persiapan alat, pemeriksaan terhadap mesin *stress relieving* dan *swaging*. Berikutnya dilakukan proses penginputan program mesin, proses *stress relieving* dan proses

swaging. Tahapan terakhir adalah karakterisasi spesimen dan pengumpulan hasil pengukuran.

2.1 Persiapan APD, Dokumen, dan Material

Sebelum memulai proses pengerjaan dan penelitian, diwajibkan menggunakan APD (alat pelindung diri), seperti baju kerja yang telah ditetapkan, *helmet*, *safety shoes*, *glasses*, *earplug*, *safety gloves*, dan masker. Penggunaan APD bertujuan untuk menghindari adanya potensi bahaya dan kecelakaan kerja di area produksi. Selanjutnya, dokumen pendukung seperti *drawing*, WO (*work order*) disiapkan sesuai material yang akan diproses. Dokumen ini sudah melalui tahapan pemeriksaan oleh *leader*, *supervisor*, dan *manager*. Semua tahapan yang dikerjakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Material yang digunakan adalah *carbon steel grade L80* berupa pipa berukuran 3 ½ inci. Kandungan kimia dan spesifikasi pipa ini ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berturut-turut.

Tabel 1. Komposisi kimia material

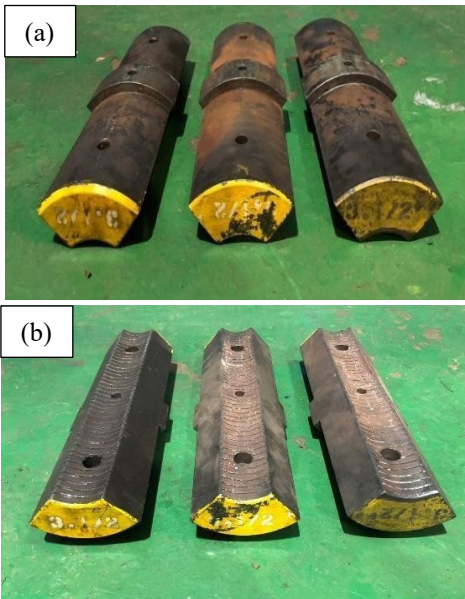
Unsur	Kandungan (%)
Karbon	0,43
Nikel	0,25
Mangan	1,90
Tembaga	0,35
Fosfor	0,03
Sulfur	0,03
Silikon	0,45

Tabel 2. Spesifikasi Spesimen Pipa

Item	Keterangan
Diameter	3 ½ inci
Range	2 (6 ft)
Grade	L80 type 1
Pound per foot	9,2
Material	Carbon steel
Koneksi	Vam top

2.2 Pemasangan Swaging Dan Stress Relieving Sesuai Size Pipa

Sebelum proses *swaging* dan *stress relieving*, ukuran pipa dipastikan terlebih dahulu agar sesuai dengan ketentuan ukuran pada *work order*, yaitu 3 ½ inci. Ukuran pipa ini sesuai untuk *clamp*, *swaging pipe*, dan *stress relieving coil*. Tampilan *clamp swaging*, *swaging pipe*, dan *stress relieving coil* ditunjukkan oleh Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 berturut-turut. Sedangkan spesifikasinya ditampilkan pula oleh Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.



Gambar 2. Pipe clamp 3 ½ inches: a) Tampak Atas, b) Tampak Bawah

Tabel 3. Spesifikasi clamp untuk pipa 3 ½ inches

Dimensi	Ukuran (mm)
Thickness	30
Kedalaman thread	2,56
Panjang	380
Lebar	110



Gambar 3. Swaging pipe 3 ½ inci

Tabel 4. Spesifikasi swaging pipe

Dimensi	Ukuran (mm)
Diameter luar	145
Tinggi	120



Gambar 4. Stress relieving coil

Tabel 5. Spesifikasi coil stress relieving

Dimensi	Ukuran (mm)
Diameter	3,8
Range	2 – 5

2.3 Penyettingan Mesin Dengan Pipa

Pipa diletakkan di atas *conveyor*, kemudian dilakukan pengaturan serta penyettingan ketinggian dan posisi agar pipa sejajar dengan posisi *stress relieving* maupun *swaging*. Hal ini dilakukan agar pada saat produksi dijalankan tidak terjadi permasalahan sehingga pipa tidak sesuai spesifikasi (*reject*).

2.4 Penginputan Program Mesin

Program mesin di-*setup* dengan *input* nilai parameter sesuai standar yang ditentukan sesuai dengan jenis pipa, sesuai koneksinya sebagai berikut:

- Mesin *swaging*, dengan jenis pipa *carbon steel grade L80*, 3 ½ inci dengan nilai *swage stroke*-nya 118,00 mm, tekanan clamp sebesar 2.850 *psi* dengan maksimal tekanan 3000 *psi* selama 30 detik.
- Mesin *stress relieving*, seperti pemasangn ukuran *coil* sesuai jenis dan size pipa 3 ½ inci dengan temperatur 595 °C – 625 °C dengan *soaking time* 60 detik. Pengujian ini telah disesuaikan dengan standar yang digunakan mengacu pada ASTM A370, ASTM E18, dan API 5CT/ISO 11960.
- Mesin *hardness* Rockwell, penyettingan jarak *indenter diamond* dengan benda uji yang diletakkan di atas permukaan *anvil* dengan beban 150 *psi* selama 30 – 50 detik.

2.5 Verifikasi Mesin Hardness

Mesin diverifikasi terlebih dahulu untuk mengetahui keakuratan nilai pembacaan dari mesin *hardness* tersebut. Verifikasi dilakukan dengan *standard block*, dengan nilai baca 24,86 HRC toleransi + 0,4 HRC. Adapun rincian ketentuan *hardness standard block verification* sebagai berikut.

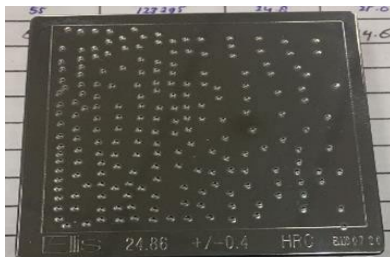
- Hardness Value* : 24.86 ± 0.4 HRC
- Temperature Standard* : 23 ± 3°C
- Humidity Standard* : ≤ 70%
- Max Repeatability* : 2
- Max Error* : 0,5

Setelah dilakukan uji verifikasi, diperoleh data seperti yang ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Verifikasi *standard block*

T (°C)	Humidity (%)	Measurement (HRC)				Error	Repeat ability
		1	2	3	Average		
24.5	59	25.0	24.8	24.7	24.83	0.03	0.3

T adalah suhu ruangan, *humidity* adalah kelembaban ruangan. Measurement adalah penjajakan (pengukuran) kekerasan yang dilakukan tiga kali. *Error* adalah selisih *hardness value (standard)* dengan rata-rata pengukuran verifikasi. *Repeatability* adalah selisih nilai *max – min* dari penjajakan *measurement* 1, 2, dan 3. Tampilan dari *standard block* ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut.



Gambar 5. *Standard block*

2.6 Proses Swaging, Stress Relieving, dan pengukuran Hardness Rockwell

Proses *swaging* dilakukan dengan memasukkan pipa dari *conveyor* ke dalam mesin dan dijepit oleh *clamp* sesuai dengan kekuatan nilai tekanan yang telah di-*input* pada program mesin. Bagian *swaging head* akan bergerak ke arah pipa dan terjadilah perubahan bentuk pada ujung pipa.

Selanjutnya dilakukan proses *stress relieving*. Pipa dari *conveyor* masuk ke dalam mesin dan *coil* dipanaskan sesuai dengan suhu dan waktu yang telah di-*input* pada program.

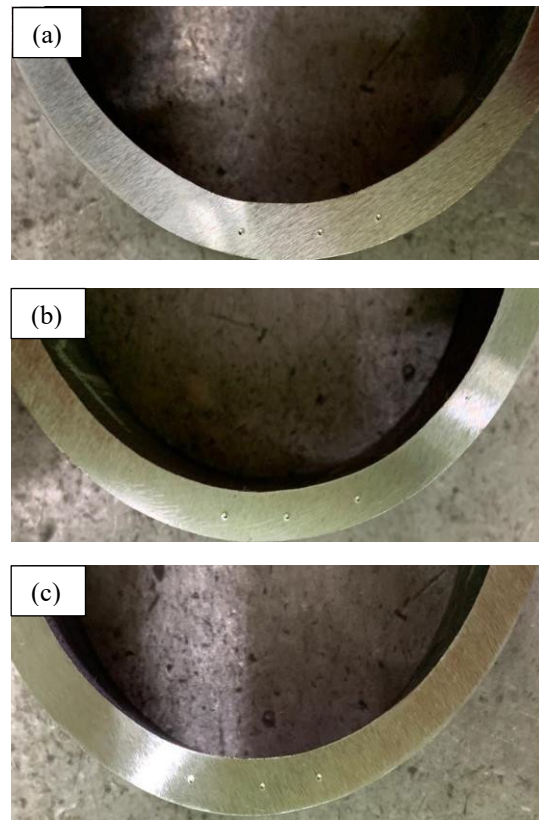
Pengujian *hardness* Rockwell dilakukan dengan meletakkan bagian pipa di atas permukaan *anvil*, kemudian posisi dengan *indenter* diatur agar jaraknya sesuai. Kemudian pengujian dimulai setelah dipastikan semua bagian alat dapat beroperasi dengan baik.

2.7 Pencatatan Hasil

Terakhir, hasil dari pengujian *hardness* Rockwell berupa nilai kekerasan yang dilakukan sebanyak tiga kali pengerjaan pada masing-masing spesimen pipa yang telah diberikan perlakuan berbeda-beda. Semua data hasil pengujian dicatatkan ke dalam *form report* yang telah ditetapkan.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kekerasan Rockwell telah dilakukan di tiga titik untuk semua spesimen dengan perlakuan yang berbeda. Tampilan spesimen yang telah diuji kekerasannya ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Spesimen uji *hardness* Rockwell: (a) *non swaging*, (b) *swaging*, (c) *swaging + stress relieving*

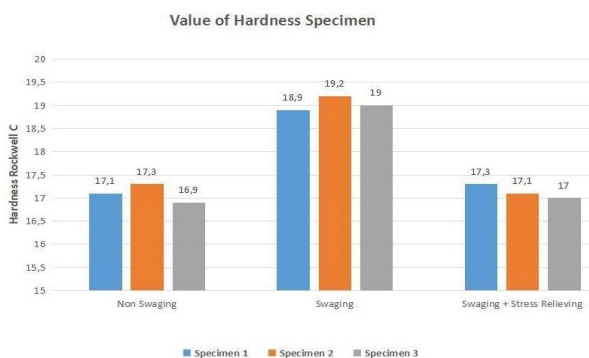
Ditemukan bahwa kekerasan ketiga sampel tersebut berbeda-beda, yang dibuktikan oleh data hasil pengujian *hardness* Rockwell yang ditampilkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil pengujian *hardness* Rockwell

Spesimen No	Kekerasan (HRC)		
	<i>Non-Swaging</i>	<i>Swaging</i>	<i>Swaging + Stress Relieving</i>
1	17,1	18,9	17,3
2	17,3	19,2	17,1
3	16,9	19,0	17,0
Rata-rata	17,1	19,03	17,13

Berdasarkan hasil pengujian hardness pada Tabel 9, diketahui kekerasan tertinggi jadi pada proses pengujian *swaging* dengan nilai 19,03 HRC. Kekerasan ini menurun pada pemberian *stress relieving* yang menunjukkan angka rata-rata 17,13 HRC, mendekati keadaan semula yakni 17,1 HRC.

Distribusi nilai ini dapat ditampilkan sebagai diagram yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Dimana nilai tertinggi terjadi pada proses *swaging* dengan nilai 19,2 HRC kemudian nilai tertinggi yang kedua terjadi pada proses *swaging + stress relieving* dengan nilai 17,3 HRC dan nilai terendah terdapat pada proses *non swaging* dengan nilai 16,7 HRC. Sehingga berdasarkan nilai distribusi kekerasan pada Gambar 7, dapat ditarik korelasi bahwa proses *swaging* dapat menambah nilai kekerasan material L80 hingga 10%. Kekerasan ini dapat diturunkan kembali melalui *stress relieving*.



Gambar 7. Diagram data pengujian kekerasan Rockwell

4.0 KESIMPULAN

HRC (*Hardness Rockwell C*) adalah pengujian kekerasan dengan skala C yang menggunakan *indenter diamond* dengan beban yang dimiliki sebesar 150 kgf selama 30 – 50 detik. Proses pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada masing-masing material *non swaging*, pipa *swaging*, dan pipa *swaging + stress relieving*. Perlakuan *swaging* mengakibatkan kekerasan material meningkat hingga 10%. Tanpa *swaging*, kekerasan rata-rata spesimen adalah 17,1 HRC. Nilai ini meningkat dengan *swaging* menjadi rata-rata 19,3 HRC. Pemberian *stress relieving* menurunkan kekerasan rata-ratanya menjadi 17,3 HRC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apa itu Pipa OCTG, dan Apa Yang Digunakan. 2017. <http://id.worldironsteel.com/news/what-soctg-pipeand-what-s-used-for-9514337.html> (Diakses 29 Maret 2022).
- [2] Apa itu pipa OCTG dan digunakan untuk apa. 2020. <https://nusantaraindologistikbatam.com/id/apa-itu-octg.html>. (Diakses 14 Maret 2022).
- [3] Production Process. <https://www.citratubindo.com/id/about-us/production-process/> (Diakses 14 Maret 2022).
- [4] R. R. Putra, S. Jokosisworo, and A. W. B. Santosa, "Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 60 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 6, no. 1, Mar. 2018. [Online]
- [5] Younggi, Dionisius. 2016. *Tube Swaging*. <https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2016/01/tube-swaging.html> (Diakses 14 Maret 2021).
- [6] ETS Worlds. 2019. Karakteristik dan Sifat Mekanik Material Teknik. <https://www.etsworlds.id/2020/02/karakteristik-dan-sifat-mekanik.html> (Diakses 14 Maret 2022).
- [7] PT Citra Tubindo Tbk. 2017. "SOP stress relieving and *swaging* for line pipe product".