

Pengaruh Transformasi Ketahanan Mekanik Akibat Proses *Quenching* terhadap Material Pipa Minyak dan Gaspada Pengujian Bending

Alexander Sebayang^{1*}, Fida Hanum², Muhammad Ariyon³, Fitriati⁴, Ira Herawati⁵, Efrata Tarigan⁶, Idhamkamil⁷, Liwat Tarigan⁸

^{1,3,4}Department of Welding and Engineering Technology, Polytechnic of Medan, Jl. Almamater No. 1 Kampus USU Medan – Sumatera Utara, Indonesia.

^{2,5,6}Department of Petroleum Engineering, Islamic University Riau, Jl. Kaharuddin Nst No.113, Simpang Tiga, Kec. Bukit Raya, Kota Pekanbaru, Riau, Indonesia

^{7,8}Department of Conversion Energy Engineering, Polytechnic of Medan, Jl. Almamater No. 1 Kampus USU Medan – Sumatera Utara, Indonesia.

E-mail: alexandersebayang@polmed.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i4.1610>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 01 June 2025

Revised: 08 June 2025

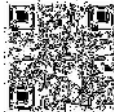
Accepted: 15 June 2025

Kata Kunci:

Kekuatan Bending, Root Bend, Face Bend, Struktur Martensit, *Quenching*.

Keywords:

Bending Strength, Root Bend, Face Bend, Martensite Structure, Quenching.



ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kekuatan bending material dalam kondisi *raw material* dan setelah melalui proses *quenching*. Pengujian dilakukan pada dua jenis pembebanan, yaitu *root bend* dan *face bend*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa material yang telah mengalami proses *quenching* memiliki nilai kekuatan bending yang lebih tinggi, masing-masing sebesar 1377,41 MPa untuk *root bend* dan 1339,43 MPa untuk *face bend*, dibandingkan dengan *raw material* yang memiliki kekuatan 1110,63 MPa dan 1141,67 MPa. Peningkatan ini menandakan bahwa proses *quenching* mampu meningkatkan ketahanan material terhadap beban lentur, baik pada sisi akar maupun permukaan spesimen. Fenomena ini diduga disebabkan oleh terbentuknya struktur martensit yang lebih keras dan padat akibat pendinginan cepat selama proses *quenching*. Temuan ini sejalan dengan berbagai literatur ilmiah yang menunjukkan bahwa transformasi mikrostruktur menjadi martensit berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kekuatan mekanik material.

This study aims to compare the bending strength of materials in raw material conditions and after going through the quenching process. Tests were carried out on two types of loading, namely root bend and face bend. The test results show that the material that has undergone the quenching process has a higher bending strength value, each of 1377.41 MPa for root bend and 1339.43 MPa for face bend, compared to raw material which has a strength of 1110.63 MPa and 1141.67 MPa. This increase indicates that the quenching process is able to increase the material's resistance to bending loads, both on the root side and the surface of the specimen. This phenomenon is thought to be caused by the formation of a harder and denser martensite structure due to rapid cooling during the quenching process. This finding is in line with various scientific literature showing that the transformation of microstructure to martensite contributes significantly to increasing the mechanical strength of the material.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Alexander Sebayang, et al (2024). Pengaruh Transformasi Ketahanan Mekanik Akibat Proses *Quenching* terhadap Material Pipa Minyak dan Gaspada Pengujian Bending, 2(4) 497-501. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v2i4.1610>

PENDAHULUAN

Pada perkembangan dan kemajuan dalam dunia minyak dan gas yang semakin pesat, pemilihan material dan penyambungan pada material tidak bisa dilepaskan. Dengan demikian, pemilihan material

dan metode pengelasan pipa penyalur minyak dan gas bumi harus mengacu pada standar yang ada. Untuk menghasilkan hasil sesuai standar dalam pengelasan yang sesuai dengan sifat dari material dan sifat bahan tambah, seperti elektroda las, kecepatan las, arus las, dan terakhir metode pengelasan yang memiliki pengaruh terhadap penetrasi pengelasan dan sifat mekaniknya.

ASTM A106 Gr. B merupakan jenis pipa yang umum dipakai sebagai pipa penyalur gas dan minyak bumi. Pipa ini merupakan baja karbon dengan kandungan karbon maksimum 0,30% yang memiliki kekuatan tarik minimum sebesar 415 Mpa dan merupakan spesifikasi baja (seamless dan welded pipe) yang memiliki kekuatan tinggi untuk keperluan konstruksi dimana diperlukan kekuatan tinggi dan ketahanan terhadap tekanan.

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah salah satu proses pengelasan manual dimana busur listrik tercipta diantara busur dan benda kerja. Proses ini menggunakan dikomposisi terak guna menciptakan gas pelindung dan menyediakan elemen terak untuk melindungi lelehan logam lasan.

Terkait pengaplikasian sebagai pipa penyalur gas dan minyak bumi metode penyambungan dengan pengelasan telah umum dilakukan dan menghasilkan siklus thermal yang beragam didaerah lasan sebagai akibat dari pencairan material dan pendinginan yang terjadi secara bergantian selama proses pengelasan. Dengan demikian mengakibatkan masalah-masalah metalurgi dan sifat mekanik sepanjang lasan.

Proses quenching adalah proses memanaskan baja pada suhu tertentu, menahannya pada waktu tertentu, dan kemudian dengan cepat mendinginkannya dalam media tertentu untuk memperbaiki sifat-sifat material. Media pendingin berperan penting dalam menentukan nilai kekerasan dan keuletan dipengaruhi oleh struktur mikro material. Quenching yang cepat setelah pemanasan pada temperatur tinggi dalam jangka waktu tertentu menghasilkan struktur martensit yang meningkat.

Uji lengkung (bending test) adalah jenis pengujian untuk mengetahui nilai kualitas material secara visual. Selain itu, pengujian lengkung digunakan untuk mengukur kekuatan material dibawah beban elastisitas sambungan las, baik di daerah las maupun daerah HAZ.

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui kekuatan bending pada area root bend dan area face bend sebelum dan sesudah perlakuan quenching pada oli SAE40 pada sambungan pipa ASTM A106 Gr. B dengan metode pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dengan kuat arus 140A.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental dan analisa yang digunakan untuk mengetahui kekuatan bending pada area face bend dan root bend pada sambungan las pada material ASTM A106 Gr. B dan komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 1. Metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan dengan pendekatan ilmiah yang bertujuan untuk mengungkap hubungan kausal antara variabel bebas dan variabel terikat melalui prosedur terkontrol.

Material yang digunakan adalah Pipa Baja ASTM A106 Gr.B dengan dengan diameter ϕ 10 inch, tebal 7,11 mm, dan panjang 200 mm. Sedangkan Elektroda las yang digunakan E7018 dengan diameter ϕ 2,6 mm serta menggunakan kampuh V sebagaimana gambar 1.

Tabel 1. Komposisi kimia pipa ASTM A106 Grade B

Carbon max %	Manganese %	Phosphorous max %	Sulfur max %	Silicon min %
0.30	0.29-1.06	0.025	0.025	0.10

Sebelum melakukan pengelasan pada material ada beberapa tahap yang harus dipenuhi sebagai kondisi aktual diantaranya sebagai berikut :

1. Mempersiapkan mesin las *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* sesuai dengan polaritas *DCEN (Direct Current Electrode Negative)* untuk *root pass* dan *DCEP (Direct Current Electrode Positive)* untuk *fill pass* dan *cover pass*.
2. Mempersiapkan elektroda E7018.
3. Mempersiapkan dua buah pipa baja ASTM A106 Gr. B dengan ukuran dengan ukuran diameter ϕ 10 inch, panjang 200 mm, dan tebal 7,11 mm yang kedua sisi pipa telah dibevel 30° .
4. Buat *root face* selebar 2-3 mm dengan menggunakan gerinda tangan sama besar dan rata.
5. Hidupkan mesin las kemudian elektroda dijepit pada holder dan masa pada meja las.
6. Atur *root gap* antara dua pipa yang akan dilas dengan ukuran 2-3 mm.
7. Posisi pengelasan yang dilakukan adalah posisi 1G pipa.
8. Atur kuat arus pada angka 140A.

Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen pipa baja ASTM A106 Gr. B dimulai dari pengelasan *root pass*, *fill pass*, dan *cover pass*. Setelah proses pengelasan selanjutnya adalah material yang sudah di las akan di potong berbentuk spesimen uji dengan mesin gergaji besi dan pembentukan.

Desain spesimen kampuh sebagai berikut :



Gambar 1. Desain kampuh V

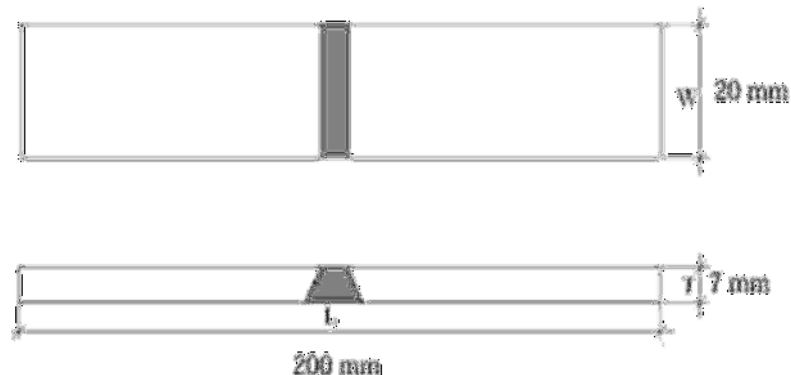
Perlakuan Quenching

Perlakuan Quenching dengan metode perlakuan panas terhadap spesimen-spesimen uji lengkung (*Bending Test*) yang telah mengalami penyambungan dengan metode pengelasan SMAW. Pada perlakuan panas spesimen dipanaskan dari suhu kamar $27^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}$, temperatur terakhir ini selanjutnya ditahan sampai 1 jam sebelum dilakukan quenching.

Pada penelitian ini perlakuan pemanasan dilakukan pada dapur pemanas dan sebagai pembanding spesimen yang tidak mengalami pemanasan juga turut disiapkan sebagai spesimen pembanding (*Referensi*).

Uji Lengkung (Bending Test)

Uji lengkung (*bending test*) adalah salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas material secara visual. Selain itu, uji ini juga berfungsi untuk mengukur kekuatan, ketangguhan, dan kekenyalan sambungan las, baik pada *weld metal* maupun *Heat Affected Zone (HAZ)*. Standard dimensi percobaan atau pengujian lengkung adalah seperti Gambar 2. berikut ini:



Gambar 2. Spesimen uji lengkung

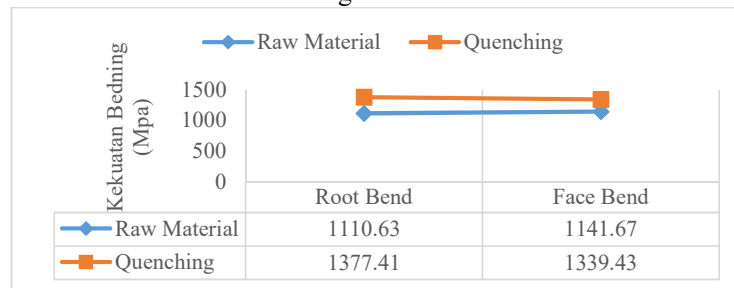
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil pengujian lengkung pada masing-masing variasi pada pengelasan SMAW dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Lengkung

Variasi	Spesimen	σ (MPa)	Metode	Keterangan	
Raw Material	1	1109,33	Root Bend	Tidak Retak	
	2	1116,78			
	3	1105,79			
	Rata-rata		1110,63		
	Quenching	1	1093,75	Face Bend	Tidak Retak
		2	1228,84		
3		1102,41			
Rata-rata		1141,67			
Quenching		1	1335,83	Root Bend	Tidak Retak
		2	1387,28		
	3	1409,12			
	Rata-rata		1377,41		
	Quenching	1	1369,00	Face Bend	Tidak Retak
		2	1272,47		
3		1376,82			
Rata-rata		1339,43			

Dari nilai kekuatan bending diatas diperoleh nilai rata-rata dan kemudian dibuat grafik untuk membandingkan nilai rata-rata kekuatan bending.



Gambar 3. Grafik rata-rata hasil kekuatan bending

Berdasarkan data pada grafik di atas, terlihat bahwa proses perlakuan panas *quenching* memberikan peningkatan yang signifikan terhadap nilai kekuatan bending dibandingkan material dalam kondisi Raw Material tanpa perlakuan panas.

Pada pengujian *Root Bend*, kekuatan bending material setelah proses *quenching* mencapai 1377,41 MPa, lebih tinggi dibandingkan Raw Material yang hanya mencapai 1110,63 MPa. Selisih kekuatan sebesar 266,78 MPa menunjukkan peningkatan yang nyata akibat perubahan mikrostruktur material.

Sementara itu, pada pengujian *Face Bend*, kekuatan bending material yang mengalami *quenching* adalah 1339,43 MPa, meningkat 197,76 MPa dibandingkan Raw Material yang memiliki kekuatan sebesar 1141,67 MPa.

Peningkatan ini menandakan bahwa quenching mampu meningkatkan ketahanan material terhadap beban lentur, baik pada sisi akar maupun permukaan spesimen uji. Hal ini diduga disebabkan oleh terbentuknya struktur martensit yang lebih keras dan padat sebagai hasil pendinginan cepat dalam proses quenching.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan bending pada material dalam kondisi *raw material* dan setelah perlakuan panas *quenching*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses quenching secara signifikan meningkatkan kekuatan bending material, baik pada pengujian *root bend* maupun *face bend*.
 - a. Pada *root bend*, kekuatan meningkat dari 1110,63 MPa menjadi 1377,41 MPa.
 - b. Pada *face bend*, kekuatan meningkat dari 1141,67 MPa menjadi 1339,43 MPa.
2. Peningkatan kekuatan ini diakibatkan oleh terbentuknya struktur martensit selama proses quenching, yang memiliki sifat lebih keras dan padat dibandingkan mikrostruktur pada material tanpa perlakuan panas.
3. Hasil ini membuktikan bahwa quenching efektif dalam meningkatkan ketahanan material terhadap beban lentur, sehingga cocok diterapkan pada komponen yang membutuhkan kekuatan mekanik tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, kontribusi, serta semangat selama proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- Wiryosumarto H dan Toshie Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta," 1979.
- F. Purba, M. F. I., Fathier, A., "Pengaruh Variasi Temperatur PWHT dan Tanpa PWHT Terhadap Sifat Kekerasan Baja ASTM A106 Grade B Pada Proses Pengelasan SMAW. *Journal of Welding Technology*. Volume 2, No. 1.," 2020.
- ASTM. A106-99, "Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.," 1999.
- D. P. B. Prayitno, D., Hutagalung, H. D., & Aji, "Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekerasan lapisan lasan pada baja astm a316, 7590.," 2018.
- J. Ahmed, K., Krishnan, "Post-Weld Heat Treatment-Case Studies, BARC Newsletter, Available," 2002.
- ASME, *Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators, Sec. IX, American Society of Mechanical Engineering, New York*. 2020.
- ASM Handbook, "Heat Treating, Vol. 4, American Society for Metal, International.," 1991.
- ASM Handbook, "Welding, Brazing, and Soldering, Vol.6, American Society for Metal, Ohio.," 1993.
- R. S. Funderburk, "Welding Innovation, Vol. XV, Key Concepts in Welding Engineering.," 1998.
- W. D. Callister Jr., "Fundamentals of Material Science and Engineering, Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta," 2001.
- P. D. Wirarchi, "Analisa Pengaruh Multiple Repair Welding Pada Material Properties Weld Joint Material Pipa ASTM A106 Gr.B Sch 80, Tugas Akhir Teknik Mesin, ITS, Surabaya.," 2007.
- Basori, "'Pengaruh Media Quenching terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Paska Hardfacing.' *Jurnal Kajian Teknik Mesin*. Vol. 3.2: hal. 66-72.," 2018.
- Bahtiar, Muh. Iqbal dan Supramono., "'Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas Sae 40 Pada Proses Quenching dan Tempering Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah'. *Jurnal Mekanikal* Vol. 5 No. 1: Januari 2014, pp: 455- 463.," 2014.
- M. Andreansyah, R. D. Anjani, and V. Naubnome, "Pengaruh Proses Heat Treatment (Quenching dan Tempering) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah," vol. IX, no. 1, pp. 7864–7872, 2024.
- M. I. S. Pilisi, I. Suroso, and N. Utami, "Pengaruh quenching terhadap uji kekerasan dan uji impact disc brake cessa grand caravan 208b," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 1, p. 61, 2022, doi: 10.24853/sintek.16.1.61-67.