

**ANALISA KEKERASAN MATERIAL HASIL ANNEALING PADA PIPA LONG  
ELBOW MATERIAL STAINLESS STEEL ASTM 304 L MENGGUNAKAN  
HARDNESS TESTER**

**Muhdori<sup>1</sup>, Hamid Abdillah<sup>2</sup>, Raka Irawan<sup>3</sup>**  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin,  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Email: [hamid@untirta.ac.id](mailto:hamid@untirta.ac.id)

**ABSTRAK**

Bending merupakan proses deformasi material yang mengakibatkan cembung, sementara bagian lain menjadi cekung karena pengaruh gaya atau momen lentur selama proses bending dilakukan, dan menghasilkan regangan pipa yang berbeda, yang menyebabkan regangan yang bersifat permanen. Proses *annealing* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen. Tujuan Penelitian ini untuk menganalisis kekerasan material pada pipa *long elbow stainless steel* ASTM 304 L setelah Proses *annealing* dilakukan, pengujian dilakukan diberbagai sudut yaitu (0°, 90°, 180°, dan 270°) menggunakan *Hardness Tester*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perlakuan *annealing* yang diberikan terhadap material. Hasil penelitian dari sudut 0° memiliki kekerasan material 156 HB, dari sudut 90° memiliki kekerasan material 140 HB, dari sudut 180° memiliki kekerasan material 164 HB, dari sudut 270° memiliki kekerasan material 159 HB, disimpulkan bahwa proses *annealing* dan sudut dalam pipa *long elbow* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan material *stainless steel*.

**Kata kunci:** *pipa elbow, annealing, hardness tester.*

**ABSTRACT**

*Bending is a process of mixing materials which results in convexity while other parts become concave due to the influence of force or bending moment. During the bending process, it results in different pipe strains, which cause permanent strains. The annealing process (heat treatment) is a process for changing the metal structure by heating the specimen. The aim of this research is to analyze the material hardness of the ASTM 304 L stainless steel long elbow pipe after the annealing process is carried out, the test is carried out at various angles, namely (0°, 90°, 180°, and 270°) using the Hardness Tester. The method used in this research is an experimental method, a research procedure carried out to determine the effects of the annealing treatment given to the material. The research results from the 0° angle have a material hardness of 156 HB, from the 90° angle the material hardness is 140 HB, from the 1800 angle the material hardness is 164 HB, from the 2700 angle the material hardness is 159 HB, the conclusion is that the annealing process and the inner angle of the long elbow pipe has a significant influence on the hardness of stainless steel materials.*

**Keywords:** *elbow pipe, annealing, hardness tester.*

## 1. Pendahuluan

*Elbow* merupakan salah satu jenis *fitting* yang digunakan untuk merubah arah aliran perpipaan (belokan pipa) dengan membentuk sudut 45° atau 90° [1]. Seiring berkembangnya zaman, teknologi yang semakin maju proses yang di gunakan sangat banyak untuk pembentukan lengkungan pipa, salah satunya ialah proses bending. Bending merupakan proses deformasi material yang mengakibatkan perubahan bentuk tanpa perubahan volume, di mana bagian dari material menjadi cembung sementara bagian lain menjadi cekung karena pengaruh gaya atau momen lentur [2][3]. Pada industri kimia lengkungan material menggunakan proses bending merupakan hal yang lazim digunakan. Material ASTM 304 L adalah jenis pipa yang sering digunakan diberbagai industri kimia [4]. Pipa ini terbuat dari baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,03% dan kandungan nikel 8-12%. Baja ASTM 304 L adalah salah satu jenis baja yang dapat digunakan untuk kondisi operasional yang ekstrim [5]. Kelebihan dari jenis baja ini adalah sifatnya yang memiliki ketahanan tinggi terhadap temperatur yang tinggi dan ketahanan karat yang baik. Apabila terjadi proses pembengkokan maka dapat terjadi perubahan nilai kekerasan baja ASTM 304 L yang merupakan salah satu dari indikasi penurunan sifat-sifat mekanis dari baja tersebut [6][7].

Pengembalian sifat mekanis pada pipa yang sudah dibengkokkan dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan panas, perlakuan ini memberikan perubahan struktur mikro yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanis baja [8]. Jenis perlakuan panas yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan annealing yang merupakan proses perlakuan panas pada pipa yang sudah dibengkokkan yang menyebabkan terjadinya

perubahan struktur mikro sehingga akan memberikan dampak pada peningkatan sifat-sifat mekanis baja. Untuk mengukur perubahan dari peningkatan sifat-sifat mekanis baja dapat dilakukan dengan pengujian kekerasan [9].

Dalam dunia industri proses perlakuan panas dapat memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam menentukan sifat fisis dan mekanis suatu bahan logam (Ma'ruf, 2022). Melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) ini kekurangan dari sifat-sifat logam dapat diperbaiki dengan membentuk keberhasilan yang tinggi dan tegangan sisa dari hasil seluruh bending dapat dibebaskan [10][11]. Proses perlakuan adalah proses pemanasan atau pendinginan. Pada proses ini hal pertama yang dilakukan dengan memanaskan spesimen pada *electrical furnace* (tungku) dengan tujuan untuk mengubah struktur logam. Perlakuan tersebut dilakukan dalam temperatur dan kurun waktu tertentu yang kemudian proses lanjutannya berupa pendinginan dengan menggunakan media pendingin berupa udara, air, air garam, oli, dan solar yang pada masing-masing media memiliki tingkat kerapatan yang berbeda-beda [12].

Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan *machinability* dan menghilangkan tegangan sisa. Meskipun perlakuan panas sering dikaitkan dengan peningkatan kekerasan suatu material, namun sebenarnya perlakuan panas dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna untuk tujuan produksi tertentu, seperti: Peningkatan sifat pemesinan, peningkatan sifat mampu bentuk, dan pemulihan elastisitas setelah proses *cold work* [13].

Perlakuan panas tidak hanya membantu meningkatkan sifat manufaktur, tetapi juga meningkatkan kinerja material dengan meningkatkan kekuatan dan sifat tertentu dari

material yang diberi perlakuan panas. (Musakkir, 2021). Proses pelunakan atau *annealing* menghasilkan perlit kasar dan lunak dengan pemanasan dalam tungku untuk austenitisasi dan pendinginan perlahan, dengan tujuan untuk meningkatkan ukuran butiran dan kemungkinan kemampuan mesin. Ini adalah proses perlakuan panas yang digunakan [14]. Disamping itu juga pelunakan dilakukan untuk tujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan pada material yang menyebabkan material menjadi getas [15].

Jika proses pembengkokan dan perlakuan panas dilakukan dengan benar, maka produk lolos pengujian. Hasil dari proses pembengkokan dan hasil perlakuan panas ditentukan dengan melakukan pengujian kekerasan material. Pengujian kekerasan material dilakukan setelah material dibengkokkan dan diberi perlakuan panas. Pengujian pada material dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan non-destruktif.

Berdasarkan hal diatas maka penelitian ini difokuskan untuk mempelajari tentang kekerasan material hasil *annealing* pada pipa *long elbow* material *stainless steel* ASTM 304 L menggunakan hardness tester.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perlakuan yang diberikan terhadap suatu hal yang sedang diteliti.

Pada eksperimen ini peneliti ingin mengetahui nilai kekerasan pada pipa *long elbow* setelah melakukan proses *annealing* pada pipa *long elbow* ASTM 304 L yang telah di bending. Penelitian ini dilakukan di PT. Sinar Artha Semesta meliputi pembendungan, proses *annealing* dan pengujian. Waktu Penelitian dilakukan dalam rentang waktu 40 hari setelah pengajuan permohonan praktik industri disetujui.

## Variabel Penelitian

- Variabel Bebas  
suhu pada proses PWHT *annealing* yaitu 750°C.

- Variabel Terikat

Nilai kekerasan dan kekuatan bending pada pipa ASTM 304 L

- Variabel Kontrol

Material Pipa ASTM 304 L dan PWHT Annealing dengan waktu tahan 60 menit

## 3. Hasil dan Pembahasan

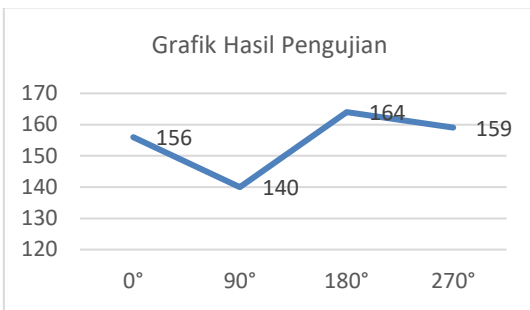
Hasil uji kekerasan dengan menggunakan standar ASTM E10 dan menggunakan standar mesin uji kekerasan Hardness Tester HLN-11A. Pengujian kekerasan dilakukan pada pipa *long elbow* stainless steel yang telah diannealing menggunakan metode Hardness Test.

Pipa tersebut telah diannealing pada temperatur 1200°C. pipa tersebut Masing-masing sudut ini diuji sebanyak 4 sudut yaitu, 0°, 90°, 180°, 270° untuk memastikan keandalan hasil.

Tabel 1. Hardness Value (HB)

<i>Hardness value</i> (HB)	
Sudut Derajat	Hasil
0°	156
90°	140
180°	164
270°	159
<i>average</i> (HB)	155

Hasil pengujian menunjukkan variasi kekerasan pada sudut yang berbeda pada pipa *long elbow* yang telah dianil. Di sudut 0°, rata-rata kekerasan adalah 156 HB. Di sudut 90°, kekerasan turun sedikit menjadi 140 HB. Di sudut 180°, kekerasan meningkat menjadi 164 HB, dan di sudut 270°, kekerasan 159, dengan average (hb) 155 HB.



Gambar 1. Grafik hasil pengujian

Hasil ini menunjukkan bahwa proses *annealing* dan formasi sudut dalam pipa *long elbow* berdampak pada kekerasan material. Kekerasan yang berkurang dari sudut 0° hingga sudut 90°, namun mengalami kenaikan di sudut 180°, dan berkurang kembali pada sudut 270°, hal demikian mungkin disebabkan oleh distribusi tegangan yang berbeda dan perubahan dalam struktur mikro selama proses pembentukan dan *annealing*.

Variasi ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, yang meliputi distribusi tegangan, perubahan dalam struktur mikro, dan efek *annealing* itu sendiri.

Pertama, proses pembentukan sudut pada pipa *long elbow* dapat menyebabkan distribusi tegangan yang berbeda di sepanjang pipa. Sudut yang lebih tajam cenderung memiliki tegangan lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi kekerasan material.

Kedua, perubahan dalam struktur mikro juga dapat mempengaruhi kekerasan material. Proses *annealing*, yang melibatkan pemanasan dan pendinginan material, dapat mempengaruhi struktur kristal dan grain dalam material. Sebagai contoh, *annealing* dapat meredakan tegangan internal dan mempromosikan rekristalisasi dan pertumbuhan grain, yang berkontribusi terhadap penurunan kekerasan.

Akhirnya, efek *annealing* sendiri juga harus dipertimbangkan. *Annealing* pada suhu yang lebih tinggi cenderung menghasilkan material yang lebih lunak, dengan kekerasan yang lebih rendah. Oleh karena itu, bagian pipa yang diannealing

pada suhu yang lebih tinggi mungkin memiliki kekerasan yang lebih rendah.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa proses *annealing* dan sudut dalam pipa *long elbow* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan material *stainless steel*. Ditemukan bahwa kekerasan material berkurang dari sudut 0° hingga 270°, menunjukkan bahwa formasi sudut dan distribusi tegangan yang berbeda dapat mempengaruhi kekerasan.

Penelitian ini memberikan wawasan baru tentang bagaimana proses pembentukan dan perlakuan *termal* mempengaruhi sifat mekanik material seperti kekerasan. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk lebih memahami bagaimana variabel-variabel ini berinteraksi dan bagaimana mereka dapat dioptimalkan untuk menghasilkan material dengan sifat yang diinginkan.

#### Daftar Pustaka

- [1] I. Rachman and A. D. Kurniawan, "Aplikasi bentangan belokan pipa dengan matlab," *Pipe Pipe Support*, vol. 2, no. 1, pp. 554–560, 2012.
- [2] P. Trihutomo, "Analisa Kekerasan pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah..," *J. Tek. Mesin, Tahun 23, No. 1, April 2015* 29, pp. 28–34, 2015.
- [3] L. S. Nugroho, "Pengaruh Proses *Annealing* Terhadap Perubahan Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pipa SA 179 yang telah Mengalami Pembengkokan," *Skripsi*, pp. 1–67, 2017.
- [4] G. Gundara and A. A. Biggunah, "Analisis Kekuatan Arus Terhadap Ketangguhan Dan Ketahanan Sambungan Pada Proses Las Tig," *J. Multidisiplin Madani*, vol. 1, no. 3, pp. 233–248, 2021, doi: 10.54259/mudima.v1i3.227.

- [5] R. H. S. PUTRA, S. . Fernandez, and Ariswan, “Karakteristik Pada Logam Baja Paduan Dengan Menggunakan Metoda X-RAY Fluorosense (XRF),” *J. Pendidik. Mat. dan Sains*, pp. 306–317, 2018.
- [6] T. Rohman, “Perancangan horizontal screw conveyor pada mesin pengumpul gabah,” Universitas Sebelas Maret, 2019.
- [7] M. F. Mursofa, *Rancang Bangun Screw Feeder untuk Pengumpan Jagung dengan Kapasitas 15 kg/menit*. Semarang: Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, 2023.
- [8] K. Ramadhani, *Analisa Uji Kekerasan Pada Material Baja ST37 Setelah Mengalami Perlakuan Panas Normalizing*. Medan, 2019.
- [9] R. Rifnaldi and Mulianti, “Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan (Hardness) Baja AISI 1045,” *Ranah Res. J. Multidisciplinary Res. Dev.*, vol. 1, no. 4, pp. 950–959, 2019.
- [10] M. Hasanah, Susilawati, I. Zahar, Y. Mulyadi, and Rahmadsyah, “Effect of annealing temperature on mechanical properties of AISI 1045 Carbon Steel,” *Jinshu Rechuli/Heat Treat. Met.*, vol. 06, no. 1, pp. 033–039, 2024, doi: 10.13251/j.issn.0254-6051.2020.01.002.
- [11] N. F. Ikhwan, “Analisa Pengaruh Heat Treatment dan Krom Terhadap Laju Korosi pada Leher Knalpot Sepeda Motor,” Universitas Pancasakti Tegal, 2020. [Online]. Available: <http://repository.upstegal.ac.id/id/eprint/1332>
- [12] E. Santoso and M. Nafi, “Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Cu dan Waktu Aging Pada Hasil Pengecoran AlCu Terhadap Struktur Mikro,” *Mekanika*, vol. 5, no. 02, pp. 6–11, 2019.
- [13] H. Purwanto, “Pengaruh Media Pendingin Aloe Vera pada Proses Hardening terhadap Sifat Mekanik Baja ST 60,” 2022, [Online]. Available: <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/6446%0Ahttp://jim.unisma.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/18441/14350>
- [14] T. S. Nugroho, “Studi Penelitian Pengaruh Annealing Pada Hasil Morfologi Pearlite Dan Uji Kekerasan Pengelasan Busur Listrik Plat Baja ST 37,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2024. [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/122461>
- [15] J. Susanto, “Efek Heat Treatment Terhadap Kekuatan Impact Komposit Alam,” *T R a K Si*, vol. 19, no. 1, p. 20, 2019, doi: 10.26714/traksi.19.1.2019.20-33.