



**PENGARUH ANNEALING DENGAN TEMPERATUR 1050°C
TERHADAP SIFAT MEKANIK STEEL 316 HEAT NUMBER
NY211130AV12**

***THE EFFECT OF ANNEALING WITH TEMPERATURE 1050°C ON MECHANICAL
PROPERTIES OF STEEL 316 HEAT NUMBER NY211130AV12***

Aulia Fajrin,^{*1}, Freddy Pranata², Domi Kamsyah³, Adhitomo Wirawan⁴, Nadhrah Wivanius⁵

^{*1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Batam

*Corresponding Author auliafajrin@polibatam.ac.id

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Okt 2024

Disetujui: Nov 2024

Dipublikasikan:

Nov 2024

Kata Kunci:

Perlakuan Panas,
Pengujian
Kekerasan,
Stainless Steel,
Uji Tarik.

Keywords: *heat treatment, hardness test, stainless steel, tensile test.*

Abstrak

Perlakuan panas bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dengan proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari logam ataupun paduannya dalam keadaan padat. Penting untuk diketahui sifat fisis dan sifat mekanik logam. Dengan mengetahui sifat fisis dan mekanik logam tanpa mengesampingkan sifat dan kondisi, maka logam tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Adanya terjadi *head crack* ketika *wire* diproses lebih lanjut menjadi screw, perlu adanya analisis tingkat kekerasan dan kekuatan *wire* stainless steel. Untuk melunakkan *wire* dilakukan *annealing*. *Annealing* bertujuan meningkatkan keuletan dan mengurangi tegangan dalam. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *annealing* dengan temperatur 1050°C terhadap kekerasan dan kekuatan *wire* stainless steel 316 heat number NY211130AV12. Metode eksperimen dipakai pada penelitian ini. Hasil analisis didasarkan pada spesimen uji dengan data numerik. Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekerasan *wire*, kekuatan dan tegangan dalam *wire* setelah *annealing*. Sedangkan keuletan *wire* meningkat setelah *annealing*.

Abstract

Heat treatment aims to obtain certain properties by a combination process between heating and cooling processes of the metal or its alloy in a solid state. It is important to know the physical and mechanical properties of metals. By knowing the physical and mechanical properties of the metal without compromising its properties and conditions, the metal can be used as needed. If there is a head crack when the wire is further processed into screws, it is necessary to analyze the hardness and strength of the stainless steel wire. Annealing is done to soften the wire. Annealing aims to increase ductility and reduce internal stresses. This study aims to determine the effect of annealing at a temperature of 1050°C on the hardness and strength of stainless steel wire 316 heat number NY211130AV12. The experimental method was used in this study. The results of the analysis are based on test specimens with numerical data. From the research data shows that there is a decrease in wire hardness, strength and tension in the wire after annealing. Meanwhile, the ductility of the wire increases after annealing.

PENDAHULUAN

Perlakuan panas bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dengan proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari logam ataupun paduannya dalam keadaan padat (Avner, 1987). Perlakuan panas dilakukan dengan diperkuat pemahaman mengenai sifat dan jenis atau golongan logam atau non-logam yang menjadi dasar untuk memilih dan menetapkan material yang akan digunakan sebagai produk teknik yang aman dan bermanfaat (Inderanata, 2024). Pemahaman mengenai perbaikan dan perawatan material juga merupakan hal penting, mengingat pengetahuan ini bertujuan untuk penguasaan dalam sistem perawatan dan strategi perbaikan yang dirancang dalam bentuk permasalahan atau pemeriksaan (Yadi et al., 2023). Proses perlakuan panas pada penelitian ini termasuk perlakuan pelunakan. Pelunakan dilakukan untuk mengurangi tegangan dalam dan meningkatkan keuletan (Dieter, 1996). Untuk mendapatkan sifat mekanik tersebut dilakukan proses *annealing*. *Annealing* adalah perlakuan panas logam dengan pendinginan yang lambat. Proses *annealing* akan menurunkan sifat mekanik seperti kuat tarik dan kekerasan, namun logam akan menjadi lunak dan ulet, sehingga dapat diproses lebih lanjut (Pratowo et al., 2023).

Penting untuk diketahui sifat fisis dan sifat mekanik logam. Dengan mengetahui sifat fisis dan mekanis logam tanpa mengesampingkan sifat dan kondisi, maka logam tersebut dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Adanya terjadi *head crack* ketika *wire* diproses lebih lanjut menjadi *screw* yang disebabkan tingkat kekerasan *wire rod* masih tinggi, untuk itu perlu adanya analisis kekerasan dan kekuatan *wire stainless steel*. *Stainless Steel* memiliki sifat tidak mudah terkorosi. *Stainless steel* AISI 316 mengandung kromium 16% dan kandungan nikel 10%. *Stainless steel* 316 adalah baja tahan karat yang mengandung molibdenum, yang meningkatkan ketahanannya terhadap korosi. *Wire rod stainless steel* 316 mengandung karbon 0.03%, mangan 0.5%, fosfor 0.04%, sulfur 0.03%, silicon 0.5%, kromium 16%, nikel 10%, dan molibdenum 2% (Raza et al., 2012). Pada *stainless steel*, kegetasan akan berkurang pada suhu rendah jika ditambahkan nikel sebagai campuran, dan penambahan karbon dibutuhkan apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras.

Sifat mekanik merupakan sifat material yang dalam penggunaannya dikenakan gaya atau beban. Diperlukan beberapa pengujian untuk mengetahui sifat mekanik suatu material. Pengujian tersebut adalah uji kekerasan dan uji tarik. Hasil uji kekerasan dan uji tarik berkaitan satu sama lain. Kekerasan adalah ketahanan bahan terhadap penetrasi *indenter* pada permukaannya. Uji kekerasan dilakukan menggunakan metode *manual hardness Rockwell C*. Metode uji kekerasan *Rockwell C* menggunakan *indenter* sebagai indentasi bahan uji. Kekuatan merupakan ketahanan bahan menerima besar gaya yang diperlukan untuk bahan mengalami patah atau rusak. Uji kekuatan yang dilakukan menggunakan metode *tensile test*. *Tensile test* merupakan metode pengujian kekuatan material dengan cara memberikan gaya statis yang sesumbu secara lambat atau cepat. Beban uji aksial secara berkelanjutan diberikan untuk spesimen. Spesimen akan mengalami perubahan panjang akibat pembebanan aksial. Perubahan beban dan perubahan panjang yang tercatat berupa grafik *elongation* terhadap *force* (Salindeho et al., 2013). Batasan masalah dari penelitian ini adalah hanya dilakukan uji kekerasan dan uji tarik.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *annealing* terhadap kekerasan dan kekuatan *wire stainless steel* 316 *heat number* NY211130AV12. Pengujian dilakukan untuk membandingkan tingkat kekerasan dan kekuatan *wire stainless steel* sebelum dan sesudah proses *annealing*.

METODE PENELITIAN

Metode eksperimen adalah metode yang digunakan pada penelitian ini. Metode pada penelitian ini juga mencakup observasi, studi literatur, dan pengumpulan data (Darmawan et al., 2023). Spesimen uji terdiri dari 3 *wire* sebelum *annealing* dan 3 *wire* setelah *annealing* dengan panjang spesimen 200 mm.. Tahapan penelitian yaitu proses *annealing* dan pengujian spesimen uji.

1.1 Proses Annealing

Annealing dilakukan untuk meminimalisir terjadi *head crack* ketika *wire* diproses menjadi *screw*. *Head crack* terjadi karena kekerasan *wire* masih tinggi, sehingga ketika proses *heading* saat proses produksi, hantaman antara jarum dengan *wire* menyebabkan dua kemungkinan yaitu jarum patah atau *head crack*.



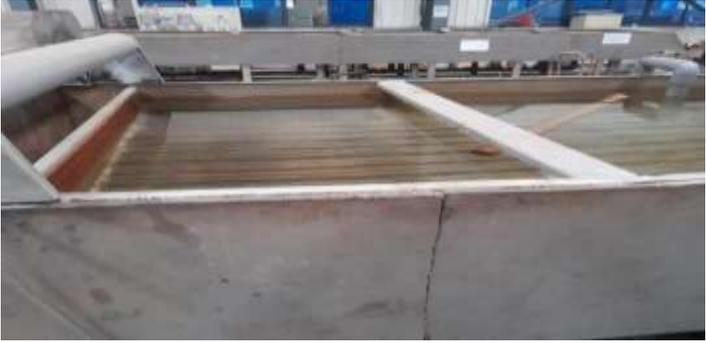
Gambar 1. *Head crack*

Wire berdiameter 4.22 mm sebelum dicuci diletakkan ke pemutar *wire* untuk proses *annealing*. Kemudian ditarik dan melewati proses pencucian pada campuran larutan kimia *sulfur acid 98%, Br 10, coated soda*. Kemudian melewati bak pembilasan yang berisi air sebelum memasuki oven untuk pemanasan. *Wire* yang sudah dicuci melewati pemanasan awal untuk pengeringan *wire* setelah pembilasan, setelah itu masuk ke oven *annealing* kemudian melewati bak pendinginan. Tahap akhir *annealing* yaitu proses *wire no skin pass* yang digulung menjadi *wire rod*. Prosedur detail proses *annealing*, yaitu:

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
1.	Letakkan <i>wire</i> sebelum cuci ke pemutar untuk proses <i>annealing</i> .	

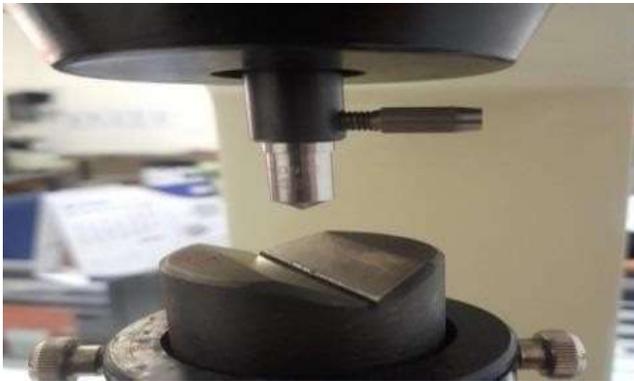
Gambar 2. Pemutar *Wire*

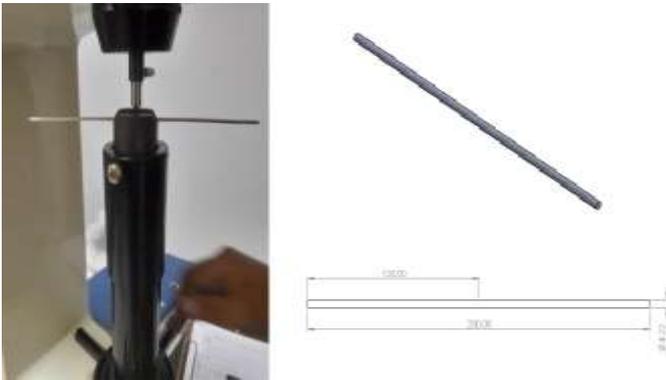
NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
2.	Jalankan mesin penarik <i>wire</i> . <i>Wire</i> akan melewati bak pencucian yang berisi larutan kimia. Pencucian berlangsung selama 6 menit.	
Gambar 3. Proses Pencucian <i>Wire</i>		
3.	<i>Wire</i> melewati bak pembilasan dan berlangsung selama 5 menit.	
Gambar 4. Proses Pembilasan		
4.	<i>Wire</i> akan masuk ke pemanas awal setelah proses pembilasan. Pemanasan awal bertujuan mengeringkan <i>wire</i> setelah dibilas. Proses berlangsung selama 15 menit.	
Gambar 5. Pemanasan awal		
5.	Dari pemanas awal <i>wire</i> masuk ke oven selanjutnya. Proses berlangsung selama 1 jam 5 menit	
Gambar 6. Pemanasan Akhir		

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
6.	Setelah itu <i>wire</i> akan melewati bak berisi air dengan pH 7 untuk proses pendinginan selama 50 menit.	
Gambar 7. Proses Pendinginan		
7.	Proses akhir yaitu proses <i>wire no skin pass</i> , dan menjadikan <i>wire rod</i> setelah <i>annealing</i> menjadi gulungan.	
Gambar 8. Proses Penggulungan Wire		

1.2 Rockweel Hardness Test

Pengujian *hardness Rockwell* dilakukan setelah *wire* melewati proses *annealing*. Pengujian *hardness Rockwell C* menggunakan *manual Rockwell mechine* seri HR-150 A *standard ASTM E18* dengan *diamond indenter* pembebanan 150 kg. Untuk pengujian *hardness Rockwell* terdiri dari 3 *wire* sebelum *annealing* dan 3 *wire* setelah *annealing* dengan panjang setiap *specimen* 200 mm. Titik pembebanan indenter dilakukan pada titik tengah dari panjang masing-masing *wire*. Prosedur detail proses *hardness test*, yaitu :

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
1.	Pemasangan <i>indenter</i>	
Gambar 9. Pemasangan <i>Indenter</i>		

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
2.	Pengaturan pembebanan sebesar 150 kg	
Gambar 10. Pembebanan 150 kg		
3.	Peletakan material uji pada anvil dengan memperhatikan kesetimbangan. Titik pembebanan dilakukan pada titik kesetimbangan atau tengah dari panjang material uji.	
Gambar 11. Posisi Pembebanan		
4.	Posisikan material uji pada posisi nol. Posisi nol, dimana material uji dan indenter sudah saling bersentuhan tetapi belum terjadi pembebanan.	
Gambar 12. Posisi Nol		
5.	Posisikan jarum dial indikator pada skala C.	
Gambar 13. Skala Nol		

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
6.	Lakukan pembebanan pada material uji dengan mendorong tuas dari posisi <i>unloading</i> ke posisi <i>loading</i> .	
Gambar 14. Pembebanan		
7.	Tunggu hingga jarum pada dial indikator berhenti.	
Gambar 15. Indikator Pembebanan		
8.	Lepaskan pembebanan dengan menarik tuas dari posisi <i>loading</i> ke <i>unloading</i> .	
Gambar 16. Pelepasan Pembebanan		
9.	Baca hasil pengujian kekerasan material pada dial indikator mesin uji skala C	
Gambar 17. Hasil Pengujian		

1.3 Tensile Test

Tensile test dilakukan setelah pengujian *hardness*. *Tensile test* menggunakan *Computerized Universal Testing Machines* seri TH-8100 A yang terhubung dengan *software* TM 2101 dengan kapasitas 50 KN *standard* ASTM E8. *Gauge length* pengujian yaitu 130 mm. Dari pengujian ini akan diketahui nilai *force*, *tensile stress*, dan *elongation*. Prosedur *tensile test* adalah sebagai berikut:

NO. TAHAPAN

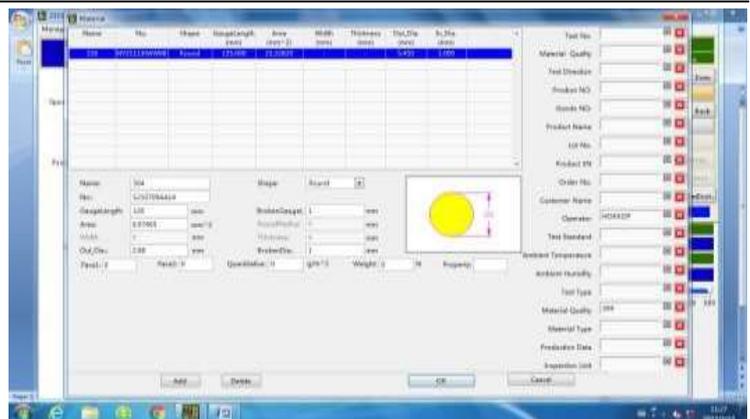
DOKUMETASI PROSES

1. Nyalakan mesin, kemudian klik TM2101 di desktop komputer.



Gambar 18. Power Machine

2. Lalu *user setting*, isi data sesuai kartu produksi.



Gambar 19. Input Data Material Uji

3. Jepit material uji setelah melalui uji kekerasan pada ragam mesin.



Gambar 20. Penjepitan Material

NO.	TAHAPAN	DOKUMETASI PROSES
-----	---------	-------------------

4. Pengukuran *gauge length*



Gambar 21: Pengukuran *Gauge Length*

5. Klik *zero* kemudian klik *test*. Tunggu hingga material patah.



Gambar 22: *Zero and test* pengujian

6. Klik *test result* untuk mengetahui hasil pengujian



Gambar 23: *Test result*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *manual Rockwell hardness test* skala C (HRC) atau *Rockwell Cone* dengan indenter (penekan) kerucut intan dengan besar sudut 120° dan pembebanan 150 kg. Pengujian kekerasan dengan HRC digunakan untuk mengetahui kekerasan pada baja, besi tuang keras, besi tempa ferritik, titanium, baja dengan lapisan keras yang dalam, dan material lain yang memiliki kekerasan yang tinggi. Hasil pengujian kekerasan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian *wire* sebelum *annealing*

No	Specimen	Nilai Kekerasan (HRC)
1	X1	97
2	X2	99
3	X3	98.5
Rata-rata		98.17

Tabel 2. Hasil pengujian *wire* setelah *annealing*

No	Specimen	Nilai Kekerasan (HRC)
1	Y1	65.5
2	Y2	50.5
3	Y3	54.5
Rata-rata		56.83

Diketahui dari tabel 1 bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen sebelum *annealing* adalah 98.17 HRC. Pada tabel 2 diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen setelah *annealing* adalah 56.83 HRC. Nilai kekerasan mengalami penurunan setelah proses *annealing*. Kekerasan menurun karena *annealing* mengurangi tegangan dan menurunkan kadar karbon pada *wire*.



Gambar 24. Hasil pengujian *wire* sebelum *annealing*.

Kadar karbon berpengaruh terhadap kekerasan material, dimana semakin tinggi kadar karbon, maka kekerasan material juga semakin meningkat. Penurunan kadar karbon pada *wire* setelah *annealing* menyebabkan *wire* lebih lunak dibandingkan *wire* sebelum *annealing*. Hal ini juga dapat diketahui dengan pembengkokan atau penarikan *wire* setelah *annealing* menjadi lebih mudah. Perbandingan hasil pengujian tarik *wire* sebelum dan sesudah *annealing* ditunjukkan pada gambar 24 dan gambar 25.



Gambar 25. Hasil Pengujian *Wire* Setelah *Annealing*

Dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa dengan *speed test* yang sama, pada *wire* setelah *annealing* memerlukan *test time* yang lebih lama yaitu 47 *second* dibandingkan *wire* sebelum *annealing* yang hanya membutuhkan waktu 27 *second*. Hal ini menunjukkan bahwa *tensile stress* atau tegangan tarik *wire* menurun setelah *annealing*, namun *strain* atau regangan material meningkat. Kedua kondisi ini menunjukkan bahwa keuletan *wire* setelah *annealing* meningkat karena regangan *wire* meningkat. Dari data nilai pertambahan panjang, dapat diketahui bahwa *wire* setelah *annealing* lebih ulet dibandingkan *wire* sebelum *annealing*. *Annealing* mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan material getas. *Elongation* menunjukkan keuletan *wire* di mana nilai *elongation wire* setelah *annealing* lebih besar dibandingkan *wire* sebelum *annealing* (Setyadi et al., 2015). Kenaikan elongasi pada *wire* setelah *annealing* berbanding lurus dengan kenaikan regangan *wire*. Hal ini tentu akan meningkatkan keuletan *wire* karena diberikan perlakuan panas berupa *annealing* dengan pendinginan lambat menggunakan udara. *Wire* setelah *annealing* menjadi lebih mudah untuk ditarik dan ditekuk karena berkurangnya kadar karbon serta tegangan dalam pada *wire*.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perubahan nilai kekerasan dan kekuatan *wire stainless steel* 316 terjadi setelah *annealing*.
2. Kekerasan menurun setelah *annealing* karena *annealing* mengurangi tegangan dalam *wire stainless steel* 316 dan menurunkan kadar karbon, dimana kadar karbon berpengaruh terhadap kekerasan *wire stainless steel* 316.
3. Kekuatan menurun karena *annealing* menyebabkan tegangan dalam *wire stainless steel* 316 menurun.
4. Keuletan *wire* meningkat setelah karena *annealing* mengurangi tegangan dalam yang menyebabkan *wire stainless steel* 316 getas. Keuletan ditunjukkan oleh hasil *elongation* uji tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner. (1987). *Introduction to Physical Metallurgy* (2nd ed.). Mc.Graw-Hill Book Company.
- Inderanata, R. N. (2024). Development of E-Jobsheet Destructive Test to Improve Material Testing Problem Solving Capability. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 11(1), 77–78.
- Yadi, F., Santosa, M. A., Sari, D. P., Putri, S. M., & Rusdi, M. L. S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis STEM Application pada Perkuliahan Perawatan dan Perbaikan di PTM-UNSRI. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 10(2), 195–204.
- Dieter. (1996). *Metallurgi Mekanik*. Erlangga.
- Pratowo, B., Witoni, & Putra, H. A. (2023). Pengaruh Quenching dan Annealing pada Baja Karbon Rendah AISI 1030 terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekaniknya. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*, 11(1), 1–16.
- Raza, M. R., Ahmad, F., Omar, M. A., German, R. M., & Muhsan, A. S. (2012). Defect Analysis of 316LSS during the Powder Injection Moulding Process. *Defect and Diffusion Forum*, 329, 35–43. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/DDF.329.35>
- Salindeho, R. D., Soukota, J., & Poeng, R. (2013). Pemodelan Pengujian Tarik untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Jurnal Poros Teknik Mesin UNSRAT*, 2(2).
- Darmawan, G. T., Ramdani, S. D., & Suadi. (2023). Analisis Kerusakan Sistem Kopling pada Mesin Toyota Avanza Tahun 2003. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 10(2), 150–158.
- Setyadi, I., & Syawal, M. (2015). Optimasi Proses Annealing pada Proses Fine Drawing untuk Memperbaiki Sifat Mekanis Produk Kawat Tembaga. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 16(4), 164–172.