

# PENGARUH WAKTU PENAHANAN PROSES NORMALIZING PASCA LAS TERHADAP SIFAT MEKANIS LAS SMAW PADA BAJA KARBON RENDAH

Nurul Shabrina Ayuni\*<sup>1</sup>, Wartono<sup>2</sup>, Daru Sugati<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

JL. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 5528, Telp : (0274) 487249e-mail :

\*<sup>1</sup>[shabrinan43@gmail.com](mailto:shabrinan43@gmail.com), <sup>2</sup>[wartono@sttnas.ac.id](mailto:wartono@sttnas.ac.id), <sup>3</sup>[daru.tm@sttnas.ac.id](mailto:daru.tm@sttnas.ac.id)

## Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi pola struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan las sebelum dan sesudah proses normalizing untuk dianalisa dan dibandingkan. Sehingga dapat diketahui pengaruh normalizing terhadap karakteristik dan sifat mekanik daerah pengelasan dan holdingtime normalizing yang efektif. Metodologi yang dipakai adalah uji laboratorium terhadap sambungan las Shield Metal Arc Welding (SMAW) plat baja karbon dengan tebal 6 mm dan elektroda E 6013. Pengelasan menggunakan jenis sambungan butt-joint kampuh I dengan pengelasan 2 layer 2 muka, arus 90 A. Temperatur normalizing 850°C dengan holding time 40, 70 dan 100 menit. Pengujian yang dilakukan adalah kandungan komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan baja karbon yang digunakan merupakan klasifikasi baja karbon rendah dengan kadar karbon (C) 0,1659% untuk raw material. Struktur mikro yang terbentuk di daerah las didominasi oleh acicular ferrite merata disemua daerah las sebelum dilakukan proses normalizing. Hasil uji kekerasan Vickers untuk weld metal nilai kekerasan tertinggi pada spesimen raw material (tanpa perlakuan panas) dengan nilai kekerasan 179,1 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen holding time 100 menit dengan nilai kekerasan 153,53 kg/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan tarik tertinggi yaitu pada spesimen raw material (tanpa perlakuan panas) yaitu sebesar 340,27 MPa dan tegangan tarik terendah yaitu pada spesimen holding time 100 menit yaitu sebesar 321,825 MPa.

**Kata kunci :** SMAW, Baja Karbon, Normalizing, Holding Time, Struktur Mikro, Sifat Mekanis

## Abstract

The purpose of this study was to identify patterns of microstructure, hardness and tensile strength of welded joints before and after the normalizing process to be analyzed and compared. So that it can be known the effect of normalizing on the characteristics and mechanical properties of the welding area and effective normalizing holding time. The methodology used is laboratory tests on Shield Metal Arc Welding (SMAW) carbon steel plate joints with a thickness of 6 mm and E 6013 electrodes. Welding uses a type of butt-joint connection, I weld with 2 layer 2 face welding, current 90 A. Temperature normalizing 850 °C with holding times of 40, 70 and 100 minutes. Tests carried out are content of chemical composition, microstructure, hardness and tensile strength. Chemical composition test results showed that carbon steel used is a classification of low carbon steel with carbon content (C) 0.1659% for raw material. The microstructure that is formed in the weld area is dominated by acicular ferrite evenly in all welding areas before the normalizing process is carried out. Vickers hardness test results for weld metal the highest hardness value in specimens of raw material (without heat treatment) with a hardness value of 179.1 kg / mm<sup>2</sup> while the lowest hardness value on holding time specimen was 100 minutes with a hardness value of 153.53 kg /

mm<sup>2</sup>. The results of tensile testing showed the highest tensile stress value in the specimen of raw material (without heat treatment) that is equal to 340.27 MPa and the lowest tensile stress that is in the holding time 100 minutes specimen which is 321.825 MPa.

**Keywords:** SMAW, Carbon Steel, Normalizing, Holding Time, Micro Structure, Mechanical Properties.

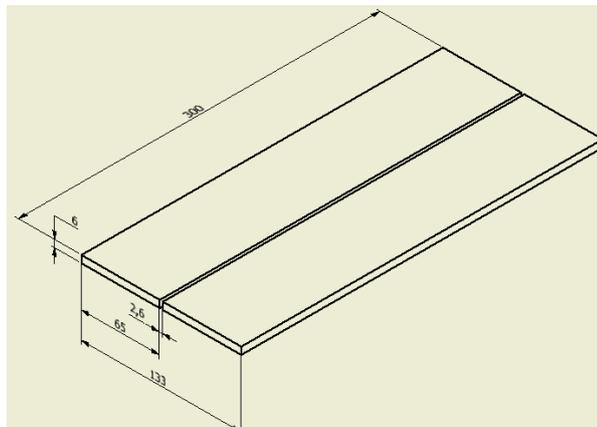
## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, baja merupakan logam yang penting dan paling banyak digunakan sebagai material teknik dalam bidang konstruksi. Terdapat berbagai macam baja yang dapat dipilih sebagai bahan material maupun komponen mesin, salah satunya adalah baja karbon. Penyambungan baja jenis ini sering dilakukan dengan metode pengelasan. Pada proses ini terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal pada daerah sekitar lasan karena daerah tersebut mengalami siklus termal yang cepat (Nizam Efendi, 2012). Oleh sebab itu perlu dilakukan pertimbangan dasar-dasar metalurgi untuk mendapatkan kualitas sambungan lasan yang baik dan kuat. Pembebasan tegangan sisa paling banyak digunakan adalah cara termal (Wirjosumarto, 2008). Cara termal dengan *Heat Treatment*, salah satunya *normalizing* dengan tujuan peningkatan *machinability*, perbaikan butiran struktur, homogenisasi, menghilangkan/modifikasi tegangan sisa (*ASM Hand Book Heat Treating*; 1991).

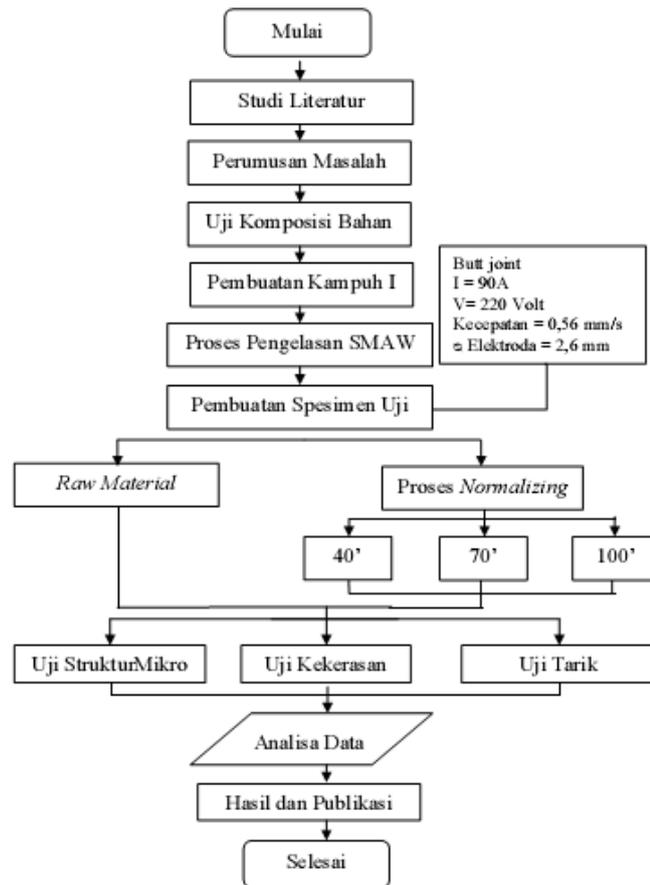
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu tahan pada proses *normalizing* pasca pengelasan terhadap sifat fisis dan mekanis pada *strip plate* baja karbon rendah yang dilas menggunakan metode *shielded metal arc welding* (SMAW) dengan kampuh I.

## 2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian sebagai langkah kerja ditunjukkan pada **Gambar 2**. Material uji adalah *strip plate* baja karbon rendah dengan tebal 6 mm. Jenis las yang digunakan yaitu SMAW dengan sambungan kampuh I ditunjukkan pada **Gambar 1**, pengelasan 2 layer 2 muka dengan kecepatan pengelasan 0,56 mm/s dan besar arus 90 *Ampere* menggunakan arus AC. Elektroda yang digunakan yaitu AWS A5.1 E6013 dengan diameter 2,6 mm dengan jenis *fluks* kalium titania tinggi dan jenis selaput rutil. Perlakuan yang diberikan yaitu *normalizing* dengan temperatur pemanasan sebesar 850°C dengan variasi *holding time* (waktu tahan) 40,70 dan 100 menit. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi (sebelum dan setelah pengelasan), uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik. Peralatan yang digunakan yaitu mesin gergaji potong dan mesin las milik Lab.STTNAS Yogyakarta serta mikroskop optik, alat uji kekerasan dan uji tarik milik Lab. D3 UGM.



**Gambar 1.** Dimensi benda kerja dan kampuh yang digunakan



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Mula-mula 4 buah benda dengan dimensi yang ditunjukkan pada gambar diatas dilakukan pengelasan sebanyak 4 buah kemudian dilakukan pemotongan spesimen uji dengan detail jumlah ditunjukkan pada **Tabel 1**. Kemudian dilakukan proses *normalizing* masing-masing 6 spesimen untuk 1 variabel dengan suhu pemanasan 850°C untuk tiap variabel.

Tabel 1. Pemotongan spesimen uji

Variasi Holding Time	Uji Tarik	Uji Kekerasan & Struktur Mikro
40 menit	4	2
100 menit	4	2
Raw Material	2	2

## 1. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Komposisi Kimia

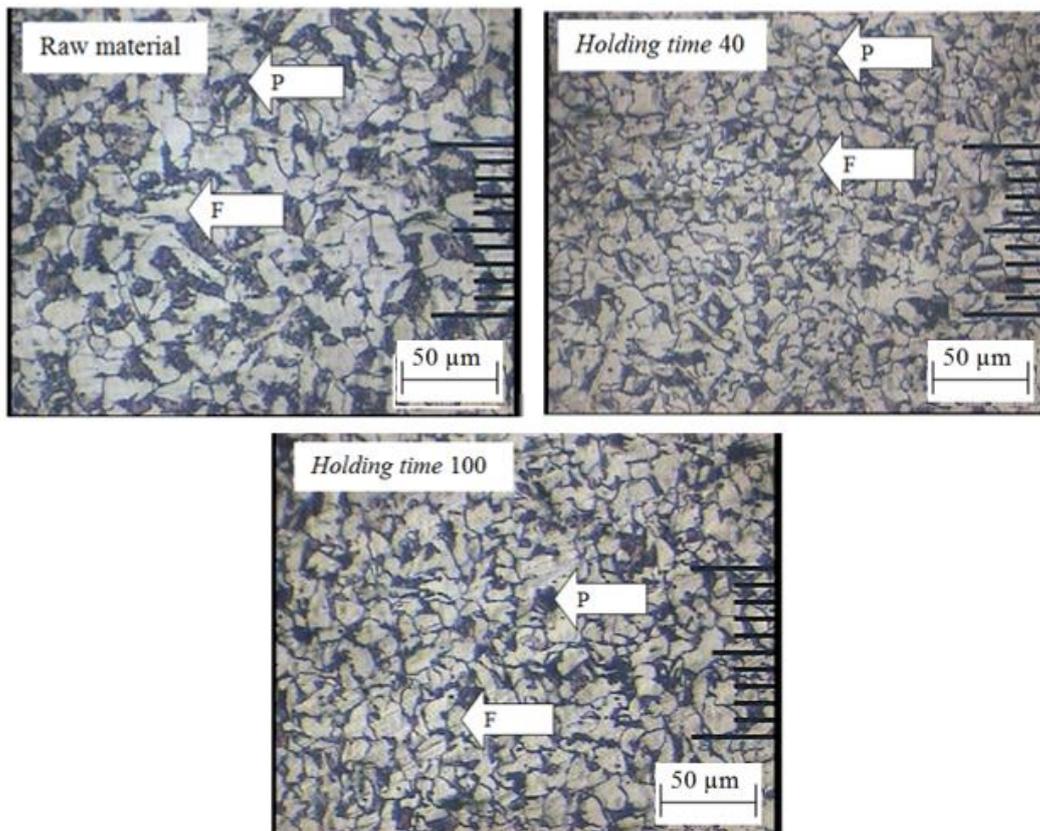
Berdasarkan **Tabel 2**, menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar karbon (C) pada logam las. Hal ini terjadi karena campuran antara logam induk dengan unsur yang terkandung pada elektroda las. Penurunan kadar unsur karbon berpengaruh pada peningkatan tegangan tarik dan keuletan serta menurunkan kekerasan pada *weld metal*. Penurunan kadar unsur mangan (Mn) mengakibatkan penurunan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, ketahanan korosi serta

menurunkan kemampuan untuk mencegah keretakan pada logam las. Penurunan kadar unsur chromium (Cr) mengakibatkan penurunan sifat tahan gesekan (sebagai pelindung permukaan baja), kekerasan serta ketahanan terhadap korosi. Akan tetapi keuletan material akan meningkat. Peningkatan kadar silicon (Si) akan meningkatkan ketangguhan dan kekerasan, akan tetapi karena kadar pada material ini melebihi 0,1% maka akan menyebabkan material tersebut akan mudah retak.

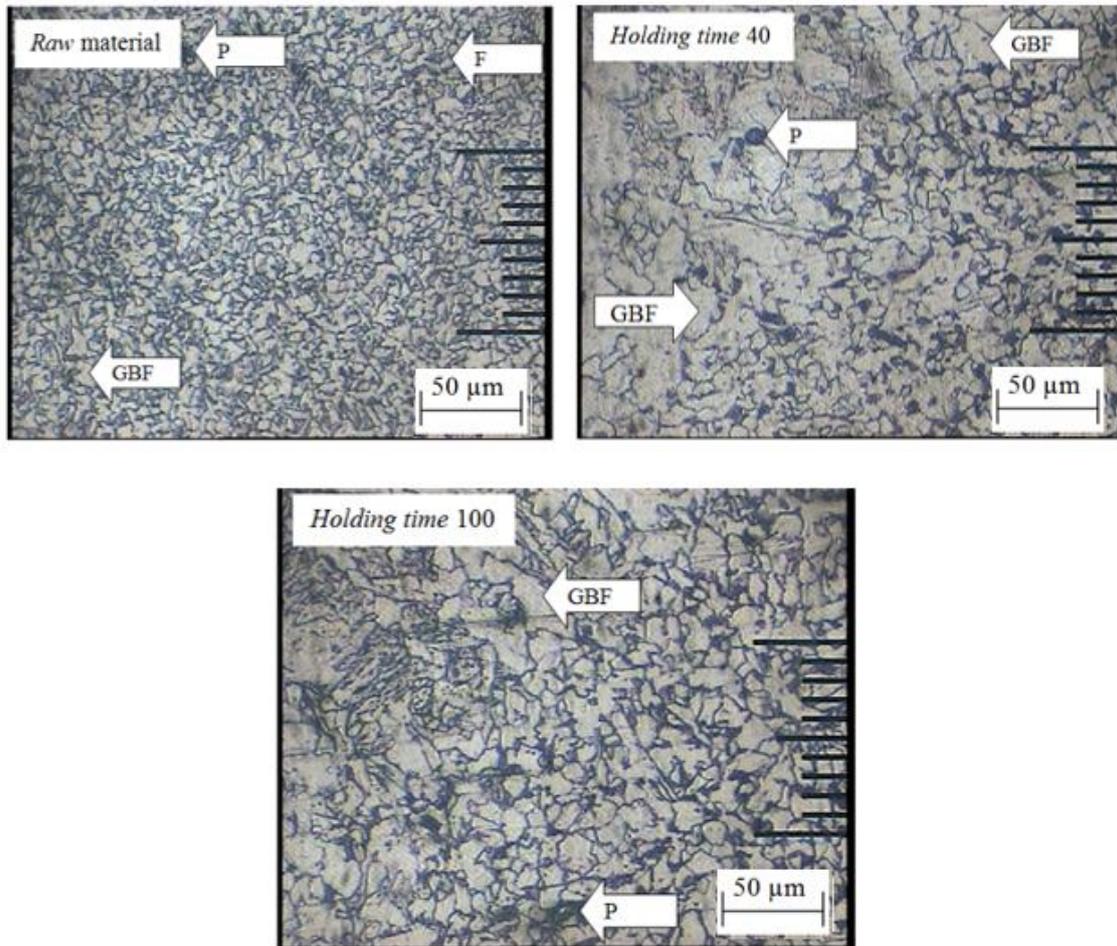
**Tabel 2.** Hasil pengujian komposisi kimia

Unsur	Kadar (%)	
	<i>Raw material</i>	<i>Weld metal</i>
S	0,0238	0,0202
Al	0,0051	0,0049
<b>C</b>	<b>0,1659</b>	<b>0,1311</b>
Ni	0,0559	0,0239
<b>Si</b>	<b>0,1934</b>	<b>0,1976</b>
<b>Cr</b>	<b>0,1313</b>	<b>0,0447</b>
<b>Mn</b>	<b>0,6208</b>	<b>0,2740</b>
P	0,0307	0,0285
Cu	0,1010	0,0400
Mg	0,0006	0,0002
Mo	0,0077	0,0017
Fe	98,5343	99,1088

3.2. Hasil Uji Struktur Mikro



Gambar 3. Struktur mikro daerah *base metal*



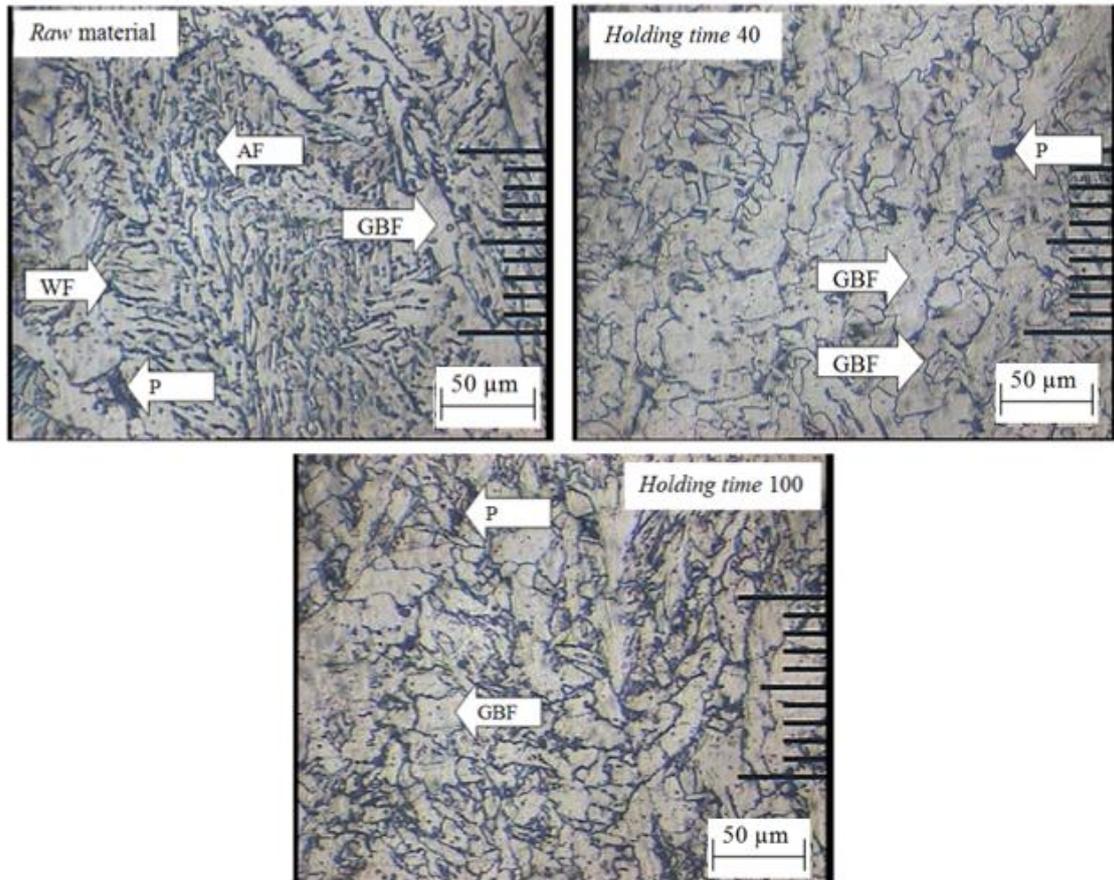
Gambar 4. Struktur mikro daerah *weld metal*

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa struktur Accicular Ferrite hanya terdapat pada bagian *weld metal* pada raw material saja sehingga menyebabkan nilai kekerasan dan tegangan tarik tertinggi berada pada raw material karena adanya struktur Accicular Ferrite sebagai pengikat. Setelah proses normalizing, maka keseluruhan struktur perubahannya akan menuju ke Grain Boundary Ferrite (GBF). Semakin lama waktu tahan yang diberikan maka ukuran GBF akan semakin besar yang mengakibatkan material akan semakin lunak dan tegangan tarik akan menurun. Hal ini ditunjukkan pada hasil foto mikro yang telah ditampilkan sebelumnya dimana makin lama holding time yang diberikan maka butir makin besar dan didominasi oleh GBF.

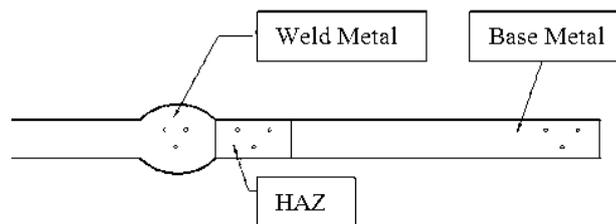
### 3.3. Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan Vickers, harga ditunjukkan oleh penetrator yang terbuat dari piramida intan, sudut antara sisi piramida  $136^\circ$  ditekankan ke permukaan bagian yang akan diukur dengan beban 200 gf dengan waktu indentasi 5 detik. Pengambilan jejak diambil sebanyak 9 kali untuk masing-masing spesimen. Jarak antar titik pembebanan adalah 1,5 dengan metode pengujian diterangkan pada Gambar 6. Adapun hasil dari pengujian kekerasan rata-rata dari seluruh spesimen uji tiap variabel disajikan dalam bentuk grafik Gambar 7. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan pada daerah las tertinggi terletak pada spesimen raw material sebesar  $179,1 \text{ kg/mm}^2$  dan kekerasan terendah pada spesimen normalizing dengan waktu tahan 100 menit dengan nilai  $153,53 \text{ kg/mm}^2$ . Semakin lama holding

time yang diberikan maka kekerasan akan semakin turun baik pada daerah las, HAZ maupun logam induk.



Gambar 5. Struktur mikro daerah HAZ



Gambar 6. Metode pengujian kekerasan

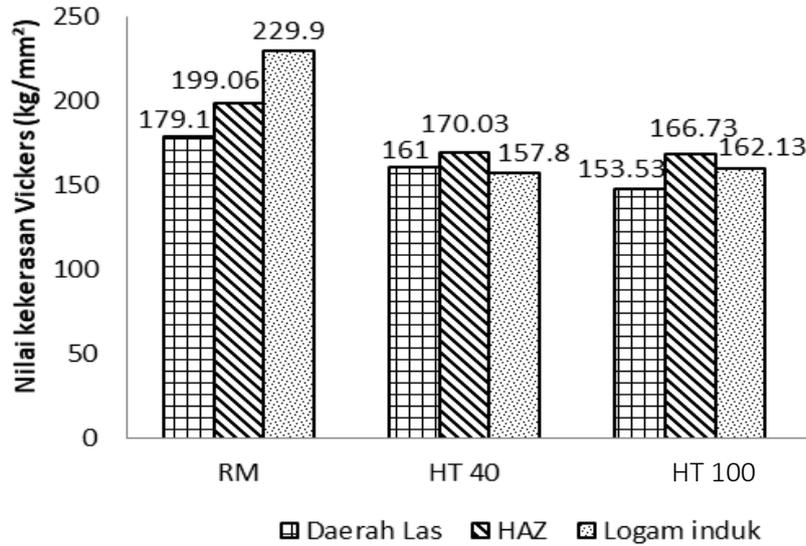
3.4. Hasil Pengujian Tarik

Spesimen uji tarik yang digunakan mengacu pada standar ASTM E8M. Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen, maka diperoleh hasil pengujian tarik pada Tabel 3.

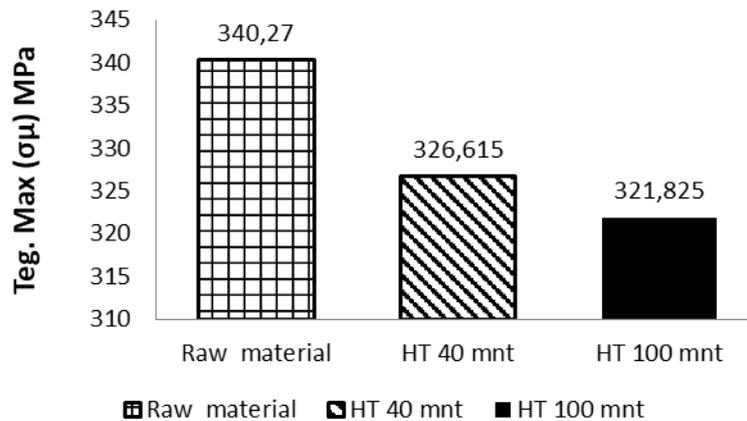
Tabel 3. Hasil pengujian tarik

No	Kode spesimen	Teg.Luluh( $\sigma_y$ ) (MPa)	Teg.Maksimal( $\sigma_u$ ) (MPa)	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
----	---------------	----------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------

1	RM.1	274,18	344,94	17,92
2	RM.2	302,55	335,60	21,04
3	40 mnt.1	259,78	329,20	20,96
4	40 mnt.3	330,60	324,03	22,05
5	100 mnt.1	234,62	317,95	24,69
6	100 mnt.3	240,34	325,70	23,35



Gambar 7. Grafik nilai kekerasan rata-rata keseluruhan spesimen uji

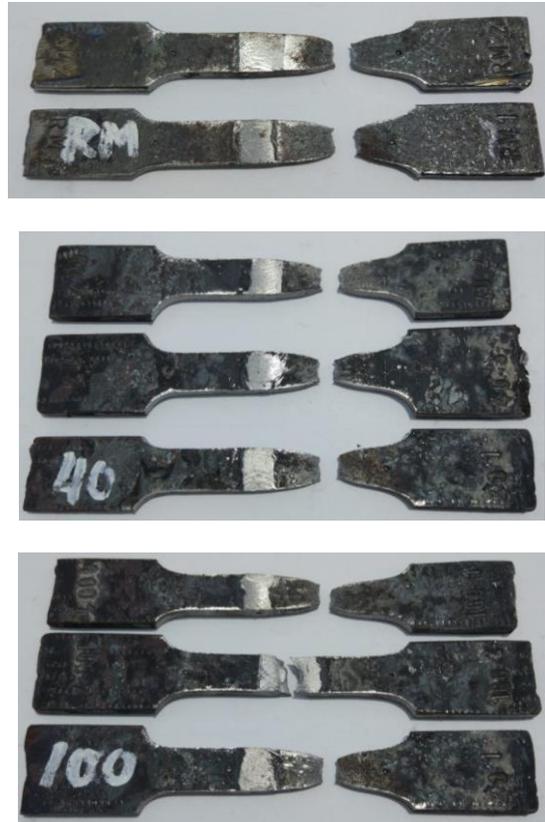


Gambar 8. Grafik tegangan tarik maksimal rata-rata spesimen uji

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen *raw material* yaitu sebesar 340,27 MPa dan tegangan tarik terendah pada spesimen *holding time* 100 menit yaitu sebesar 321,825 MPa. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen yang dilakukan proses *normalizing* pasca pengelasan maka kekuatan tariknya akan menurun, besar perubahan kekuatan tarik yang terjadi tergantung pada suhu pemanasan dan lama waktu tahan yang diberikan. Semakin lama *holding time* yang diberikan maka kekuatan tarik akan semakin menurun karena terjadinya pembesaran ukuran butir yang semakin menuju GBF yang juga menyebabkan kekerasan akan ikut menurun tetapi ketangguhan akan meningkat. Oleh sebab itu kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen *raw material* (tanpa

perlakuan panas) karena struktur pada logam lasnya masih didominasi oleh AF sehingga ikatan antar butirnya kuat dan kekerasannya tinggi.

Pada gambar spesimen hasil pengujian tarik dapat dilihat bahwa semua spesimen uji putus pada daerah HAZ berarti bahwa pengelasan yang dilakukan baik.



**Gambar 9.** Spesimen uji tarik setelah dilakukan pengujian tarik

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan serta pembahasan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa strip plate material uji mengandung kadar karbon (C) 0,1659% pada raw material dan 0,1311% pada daerah las, yang menunjukkan bahwa sebelum proses pengelasan dan setelah proses pengelasan material masih termasuk klasifikasi baja karbon rendah.
2. Spesimen hasil pengelasan setelah mengalami perlakuan panas (normalizing) struktur ferit akan lebih mendominasi dan mempunyai ukuran yang lebih besar bila dibandingkan dengan spesimen sebelum mengalami perlakuan panas. Hal inilah yang menyebabkan nilai kekerasan menurun, semakin lama holding time yang diberikan maka struktur akan semakin mendekati Grain Boundary Ferrite sehingga akan makin lunak.
3. Pengaruh waktu tahan pada proses normalizing menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen tanpa perlakuan panas (raw material) pada logam las sebesar  $179,1 \text{ kg}/[\text{mm}]^2$ . Sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen normalizing dengan waktu tahan 100 menit dengan nilai  $153,53 \text{ kg}/[\text{mm}]^2$ .
4. Pengaruh waktu tahan pada proses normalizing menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen raw material yaitu sebesar 340,27 MPa dan tegangan tarik terendah pada spesimen holding time 100 menit yaitu sebesar 321,825 MPa.

5. Pemberian perlakuan panas (*normalizing*) pasca pengelasan akan menyebabkan perubahan struktur butir dimana semakin lama waktu tahanan yang diberikan mengakibatkan ukuran butir semakin mengembang dan mendekati struktur grain boundary ferrite hal ini mengakibatkan kekerasan pada material menurun sehingga kekuatan tarik pun ikut menurun.

## 5. SARAN

Adapun saran dari penelitian ini guna penyempurnaan pada penelitian yang akan datang yaitu sebagai berikut :

1. Diharapkan untuk penelitian berikutnya menindaklanjuti *normalizing* dengan variasi temperatur pemanasan yang lebih tinggi dan waktu penahanan yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi pengujian seperti uji impak dan uji korosi.
3. Untuk menghindari kesalahan data pengujian maka pastikan material yang akan dijadikan spesimen uji berasal dari 1 toko material yang sama. Karena setiap toko material memiliki kandungan unsur yang berbed apada *strip plate* yang dijualnya. Dengan demikian setiap spesimen yang kita uji memiliki komposisi yang sama sehingga tidak terjadi kesalahan data pengujian.
4. Dalam pembuatan spesimen uji tarik, spesimen uji dibuat memanjang sepanjang daerah lasan agar nilai kekuatan tarik menunjukkan kekuatan sambungan las yang sebenarnya bukan kekuatan daerah HAZ.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., 1985, terjemahan. Sriati Djaprie, “Teknologi Mekanik”, Jilid I, Edisi Ketujuh, Erlangga, Jakarta.
- ASM, 1991, Hand Book Heat Treating.
- Bukhari, Nofriadi, Mulyadi, 2011, Analisa Pengaruh Proses *Normalizing* terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Pegas Daun Baja SUP9, Politeknik Negeri Padang.
- Cahyono Aziz, 2015, Heat Treatment dengan Cara *Normalizing*, Universitas Negeri Semarang.
- Effendi Nizam, 2009, “Teknik Pengelasan I”, Bahan Ajar STTNAS Yogyakarta.
- Introduction to Structure in Metals, 2004, Metallography and Microstructures, Vol 9, ASM Handbook, ADM International, p. 23-28.
- Mahmuddin, 2017, Pengaruh Temperatur Normalisasi terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Lasan Baja AISI 1030, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Marwanto Afif, 2007, Materi Pelatihan Lifeskill Shielded Metal Arc Welding, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nariyoh [Nurun](#), 2013, Perlakuan Panas pada Baja.
- Rafei Ahmadi, 2011, Laporan Praktikum Uji tarik.
- Romdhon Muhammad, Solechan, Raharjo Samsudi, 2013, Studi Pengaruh *Normalizing* terhadap Karakteristik dan Sifat Mekanik Sambungan Las SMAW pada Plat JIS SM 41B Menggunakan Elektroda E7016 dan E6013, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Sutrisna, 2009, Pengaruh Suhu *Normalizing* terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pengelasan Baja Plat Kapal, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Sukaini, Modul Diklat Las Busur Listrik Manual (SMAW).PPPPTK BOE Malang.
- Wiriyosumarto, Okumura, H. T., 2000, “Teknik Pengelasan Logam”, Pradnya Paramitha, Jakarta.