

# PENGARUH TEMPERATUR *PREHEAT* TERHADAP SIFAT MEKANIS LAS SMAW PADA BAJA KARBON

Dadang Yudhistira Akbar<sup>1</sup>, Wartono<sup>2</sup>, Dandung Rudy Hartana<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jl Babarsari No. 1 Depok Sleman, Yogyakarta, Telp (0274) 485390

\*e-mail : \*<sup>1</sup>[dadangyakbar@gmail.com](mailto:dadangyakbar@gmail.com), <sup>2</sup>[wartono@sttnas.ac.id](mailto:wartono@sttnas.ac.id), <sup>3</sup>[dandung@sttnas.ac.id](mailto:dandung@sttnas.ac.id)

## Abstrak

*Pengelasan adalah proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas yang tinggi. Sehingga berakibat terjadi perubahan sifat mekanis. Salah satu cara untuk meminimalkan perubahan tersebut dengan melakukan perlakuan terhadap logam sebelum di las. Salah satunya dengan preheat. Dalam penelitian ini akan penulis membandingkan sifat mekanis dari material hasil pengelasan SMAW (shield metal arc welding) yang dilakukan preheat dan non preheat pada baja karbon rendah. Dimana variasi suhu preheat yang digunakan 200°C, 300°C, 400°C. Sedangkan untuk mengetahui sifat mekanis maka dilakukan pengujian kekerasan, struktur mikro, dan tarik. Setelah dilakukan uji komposisi maka diperoleh hasil kadar karbon yaitu 0,1659% pada raw material dan 0,1311% pada daerah las, yang menunjukkan bahwa kedua daerah tersebut termasuk klasifikasi baja karbon rendah. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen non preheat di daerah logam las yaitu sebesar 167,9  $\text{kg/mm}^2$ . Sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen preheat temperatur 400°C di daerah HAZ dengan nilai 104,8  $\text{kg/mm}^2$ . Hasil Uji tarik menunjukkan nilai tarik tertinggi pada spesimen preheat temperatur 200°C dengan nilai 365,07 MPa. Sedangkan nilai tarik terendah pada spesimen non preheat dengan nilai 331,42 MPa. Sehingga disimpulkan bahwa dengan pemberian preheat sebelum pengelasan akan meningkatkan sifat mekanis baja karbon rendah setelah dilakukan pengelasan. Dari variabel yang diteliti spesimen dengan preheat 200°C secara umum memiliki sifat mekanis terbaik.*

**Kata-kunci :** SMAW, sifat mekanis, preheat, non preheat, baja karbon

## Abstract

*Welding is the process of connecting metal using high heat energy. So as to result in changes in mechanical properties. One way to minimize these changes by treating metal before welding. One of them with preheat. In this study the author will compare the mechanical properties of the SMAW (shield metal arc welding) welding material carried out preheat and non preheat on low carbon steel. Where the variation of preheat temperature used is 200°C, 300°C, 400°C. Whereas to determine the mechanical properties, the hardness, microstructure and tensile testing were carried out. After the composition test, the results of the carbon content were 0.1659% in the raw material and 0.1311% in the weld area, which showed that the two regions included the classification of low carbon steel. The hardness test results showed the highest hardness value on non preheat specimens in the weld metal area which was 167,9  $\text{kg/mm}^2$ . While the lowest hardness value on the preheat temperature was 400°C in the HAZ area with a value of 104,8  $\text{kg/mm}^2$ . Tensile test results showed the highest tensile value on 200°C preheat temperature specimens with a value of 365.07 MPa. While the lowest tensile value on non preheat specimens with a value of 331.42 MPa. So it was concluded that by giving preheat before welding will improve the mechanical properties of low carbon steel after welding. Of the variables examined by specimens with preheat 200°C generally have the best mechanical properties.*

**Keywords :** SMAW, Carbon Steel, Preheat, Non Preheat, Micro Structure, Mechanical Properties

## 1. PENDAHULUAN

Pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan merupakan penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung dibuat meleleh dengan busur menyala atau panas yang didapatkan dari busur nyala listrik (gas pembakar).

Dalam melakukan sambungan pengelasan ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan itu baik atau tidak, salah satunya adalah *preheat*. Pemanasan yang dilakukan sebelum benda dilakukan proses pengelasan. Hal ini perlu dilakukan karena pada waktu pengelasan akan terjadi panas pada daerah pengelasan. Panas yang tinggi akan terpusat pada daerah pencairan. Pemanasan dan pendinginan yang tidak merata akan menyebabkan berbagai pengaruh pada daerah pengelasan. Termasuk struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur *preheat* terhadap sifat mekanis, fisis, dan sifat kimiawi dengan metode *shielded metal arc welding* (SMAW) pada *strip plate* baja karbon dengan kampuh I.

Penelitian yang dilakukan Yudhyadi, (2007) menyebutkan bahwa besar arus mempengaruhi kekerasan pada daerah las maupun daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), semakin besar kuat arus yang digunakan kekerasan semakin menurun pada kedua daerah tersebut. Sedangkan pada logam induk, tidak mengalami perubahan kekerasan.

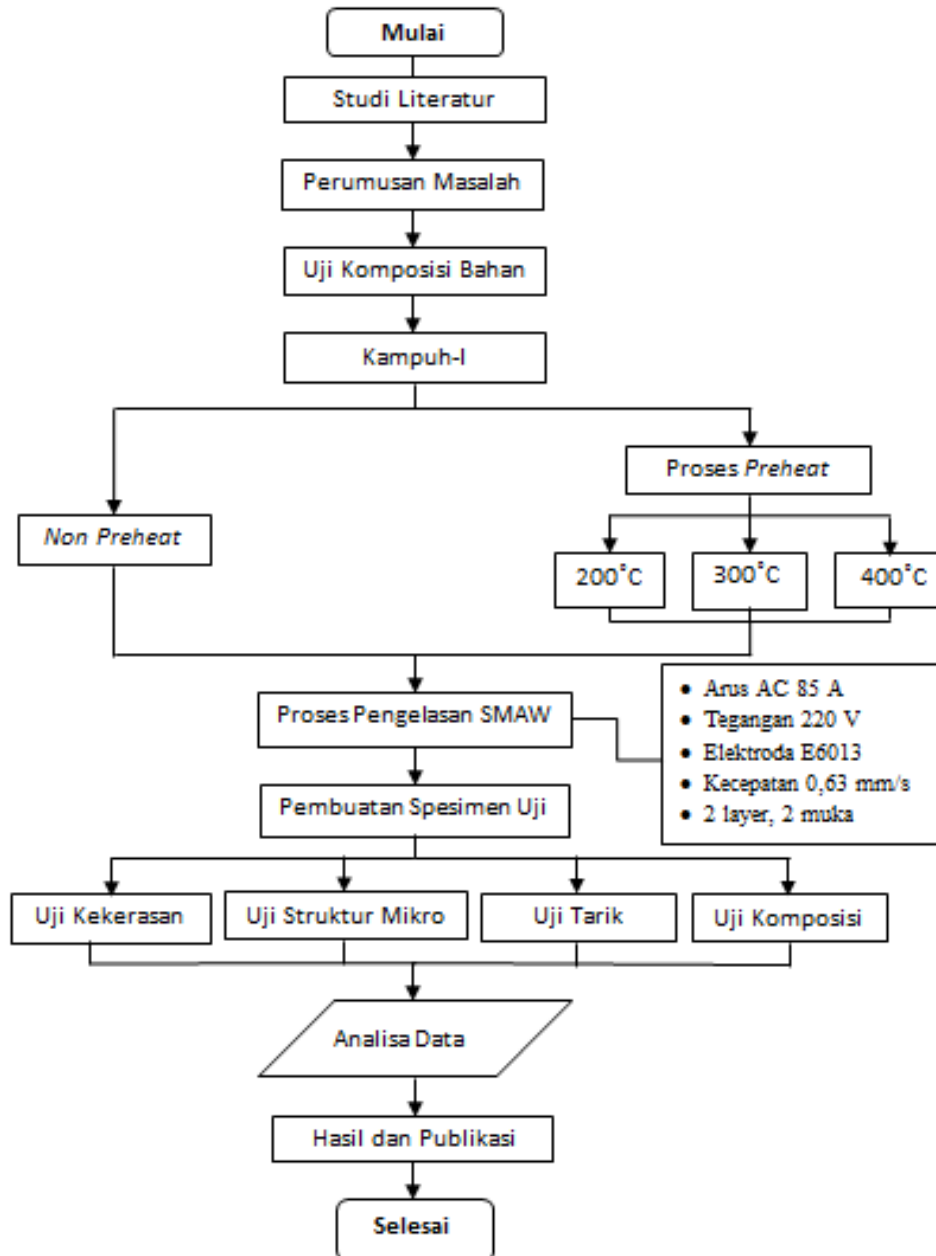
Penelitian yang dilakukan Gathot, dkk (2015) pada prosedur pengelasan untuk material yang mempunyai nilai karbon *equivalen* lebih besar dari 0,4% tidak sama dengan material yang mempunyai nilai karbon *equivalen* lebih kecil dari 0,4% salah satunya perbedaannya adalah dilakukan *preheat* sebelum di proses las, yang bertujuan untuk mengurangi laju pendinginan setelah di proses las sehingga sifat mekaniknya tidak banyak berubah. Dalam penelitian ini akan membandingkan sifat mekanis dari material hasil pengelasan SA 516 gr 70 yang tanpa *preheat* dengan *preheat* sebelum proses las SMAW atau las busur listrik. Dimana variasi suhu *preheat* 150°C, 200°C, dan 250°C. Sedangkan untuk mengetahui sifat mekanik dengan melakukan pengujian *hardness test*, *impact test* dan makro etsa. Dari penelitian didapatkan hasil sebagai berikut : material hasil pengelasan tanpa *preheat* mempunyai nilai relatif lebih tinggi dibandingkan yang di *preheat*, dimana semakin tinggi temperatur *preheat* maka nilai kekerasan menurun, ketangguhannya meningkat dan luasan daerah yang kena pengaruh panas meningkat.

Penelitian yang dilakukan Syafi'i Nur Hidayat, 2016 berjudul Pengaruh Suhu *Preheat* Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Sambungan *Butt Joint* Dengan Pengelasan SMAW Pada Baja Karbon. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro terhadap hasil pengelasan baja karbon yang dilakukan *preheat* dengan variasi suhu 140°, 160°, dan 180°C dengan pengelasan SMAW. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa struktur mikro yang terbentuk di daerah las didominasi secara merata oleh *acicular ferrite*. Struktur ini yang diharapkan karena mampu menghambat terjadinya retak dan membuat lasan menjadi lebih ulet. Hasil nilai kekerasan yang tertinggi dari spesimen dengan suhu *preheat* 180°C dengan nilai kekerasan 185,03  $kg/mm^2$ . Sedangkan nilai kekerasan terendah pada spesimen *raw material* dengan nilai kekerasan 129,0  $kg/mm^2$ . Hasil uji tarik menunjukkan spesimen dengan *preheat* 180°C memiliki nilai tegangan tarik maksimal tertinggi dengan nilai 466,57 MPa dan renggang tarik tertinggi pada *raw material* dengan nilai 30,4%.

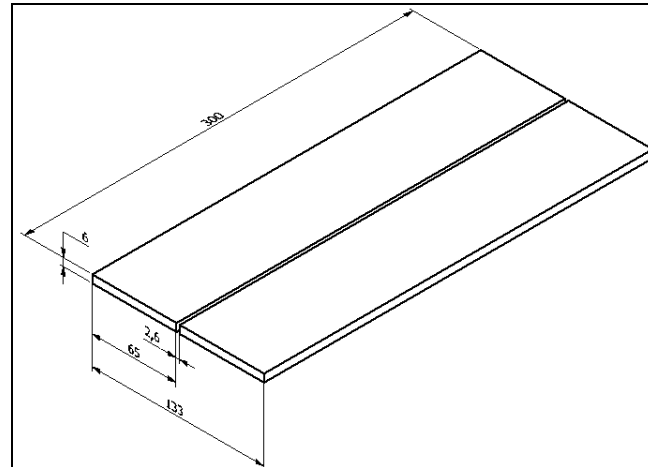
## 2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian sebagai langkah kerja ditunjukkan pada **Gambar 1**. 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 2**, pengelasan 2 layer 2 muka dengan kecepatan pengelasan 0,63 mm/s dan menggunakan arus AC 85 Ampere. 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 temperatur *preheat* dengan variasi temperatur *non preheat*, 200°C, 300°C, dan 400°C. 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, mesin las, mesin gerinda potong milik Lab. STTNAS Yogyakarta serta mikroskop optik, alat uji kekerasan dan uji tarik milik Lab. D3 UGM.



Gambar 1. Alur penelitian yang dilakukan



**Gambar 2.** Dimensi benda kerja dan kampuh yang digunakan

Pada awalnya 4 buah material dengan dimensi yang ditunjukkan pada gambar diatas dilakukan proses *preheat* dengan temperatur 0°C (*non preheat*), 200°C, 300°C, dan 400°C. Setiap variabel yang telah di *preheat* langsung dilakukan proses pengelasan. Selanjutnya 4 buah material tadi dilakukan marking lalu di potong menggunakan mesin gerinda menjadi spesimen uji dengan detail jumlah ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Pemotongan spesimen uji

Variasi Preheat	Uji Tarik	Struktur Mikro	Uji Kekerasan
Non Preheat	3	1	1
Preheat 200°C	3	1	1
Preheat 300°C	3	1	1
Preheat 400°C	3	1	1

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

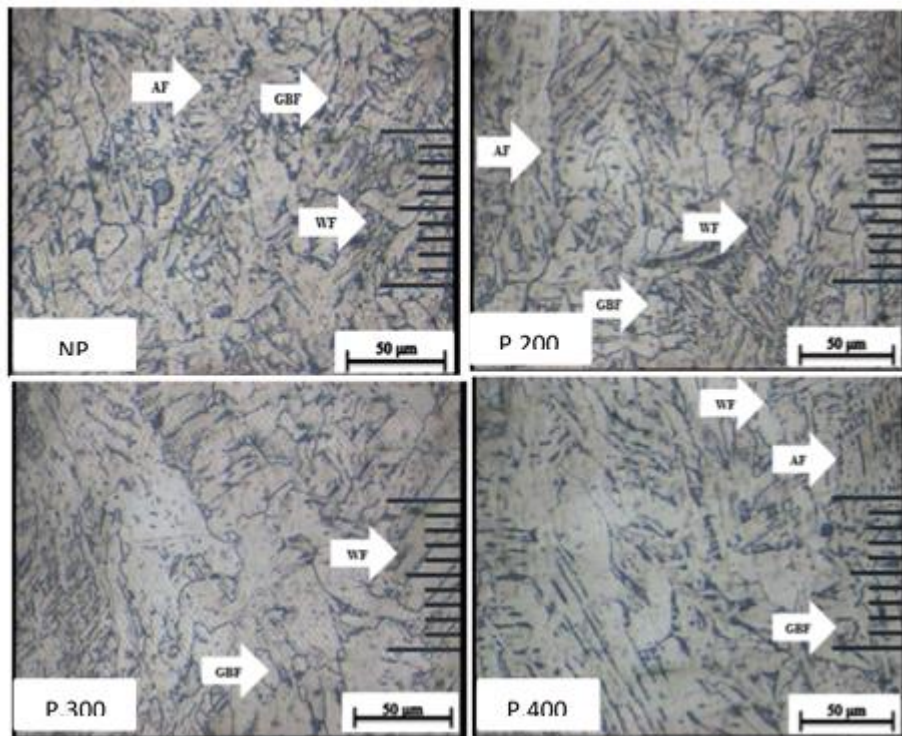
#### 3.1. Hasil Uji Komposisi Kimia

**Tabel 2.** Hasil pengujian komposisi kimia

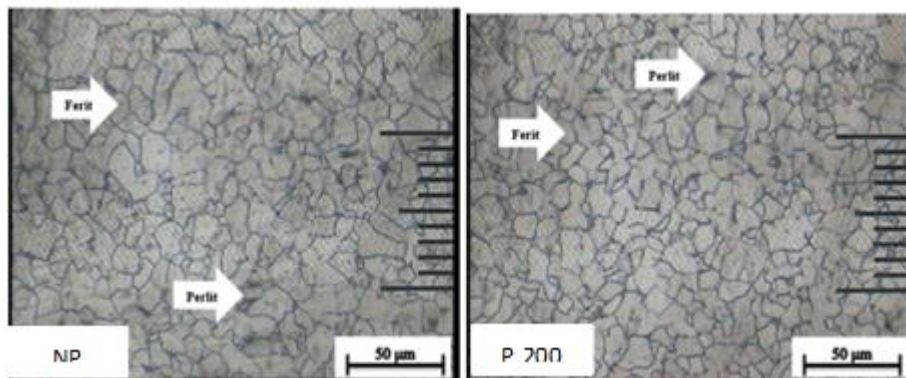
Unsur	Kadar (%)	
	Raw Material	Weld Metal
S	0,0238	0,0202
Al	0,0051	0,0049
<b>C</b>	<b>0,1659</b>	<b>0,1311</b>
Ni	0,0559	0,0239
<b>Si</b>	<b>0,1934</b>	<b>0,1976</b>
<b>Cr</b>	<b>0,1313</b>	<b>0,0447</b>
Mn	0,6208	0,2740
P	0,0307	0,0285
<b>Cu</b>	<b>0,1010</b>	<b>0,0400</b>
Mg	0,0006	0,0002
Mo	0,0077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

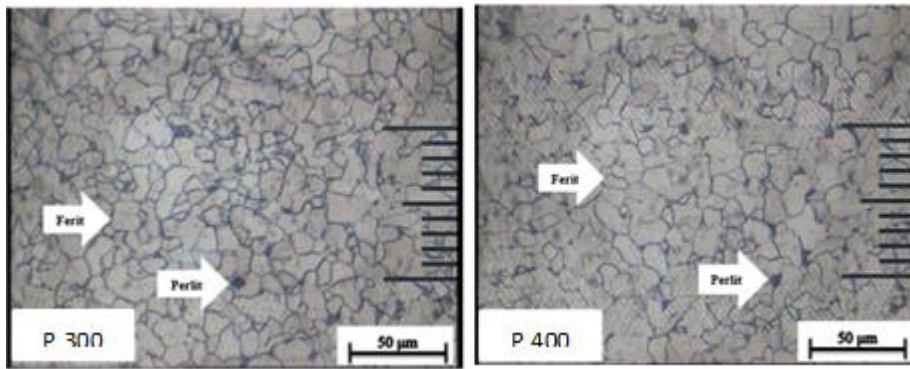
Berdasarkan **Tabel 2**, menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar karbon (C) pada logam las. Hal ini terjadi karena campuran antara logam induk dengan unsur yang terkandung pada elektroda las. Penurunan kadar unsur karbon berpengaruh pada peningkatan tegangan tarik dan keuletan serta menurunkan kekerasan 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 Cuprum (Cu) mengakibatkan penurunan kekerasan, kekuatan, ketahanan aus, kemampuan untuk pengerjaan mesin, dan menurunnya sifat mampu tempa pada baja tersebut.

3.2. Hasil Uji Struktur Mikro

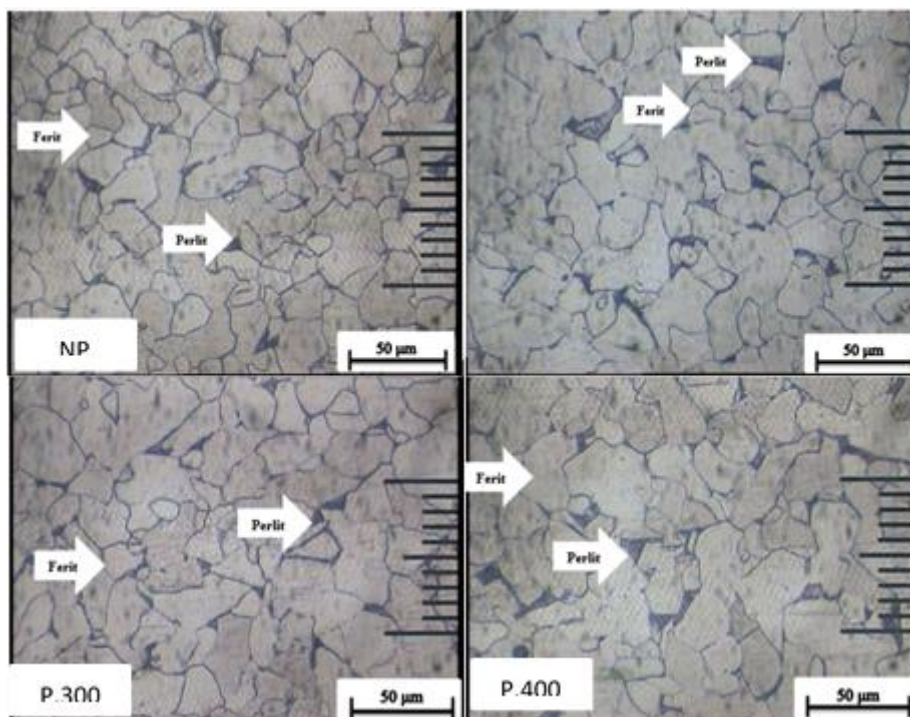


Gambar 3. Struktur mikro daerah logam las





Gambar 4. Struktur mikro daerah HAZ



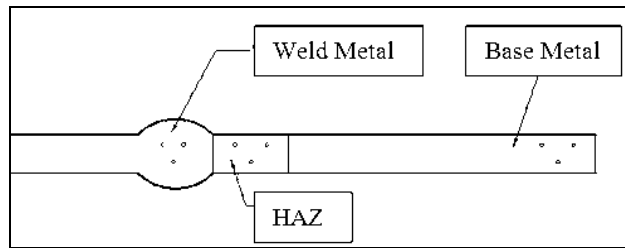
Gambar 5. Struktur mikro daerah logam induk

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 spesimen non *preheat* karena adanya struktur *Accicular Ferrite* sebagai pengikat. Setelah proses *preheat*, maka keseluruhan struktur perubahannya akan menuju ke *Grain Boundary Ferrite* (GBF). Semakin tinggi temperatur *preheat* 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 semakin tinggi temperatur *preheat* yang diberikan maka butir makin besar dan didominasi oleh GBF.

### 3.3. Hasil Uji Kekerasan

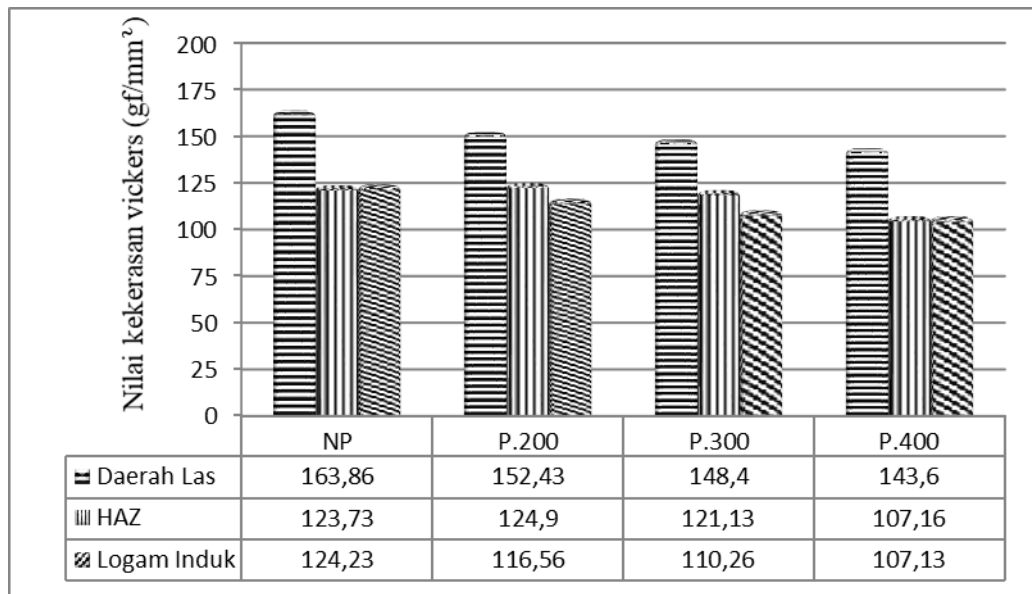
Pengujian kekerasan *Vickers*, harga ditunjukkan oleh *penetrator* yang terbuat dari piramida intan, sudut antara sisi piramida 136° ditekankan ke permukaan bagian yang akan diukur

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 mm dengan metode pengujian diterangkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Metode pengujian kekerasan

Adapun hasil dari pengujian kekerasan rata-rata dari seluruh spesimen uji tiap variabel disajikan dalam bentuk grafik berikut.



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

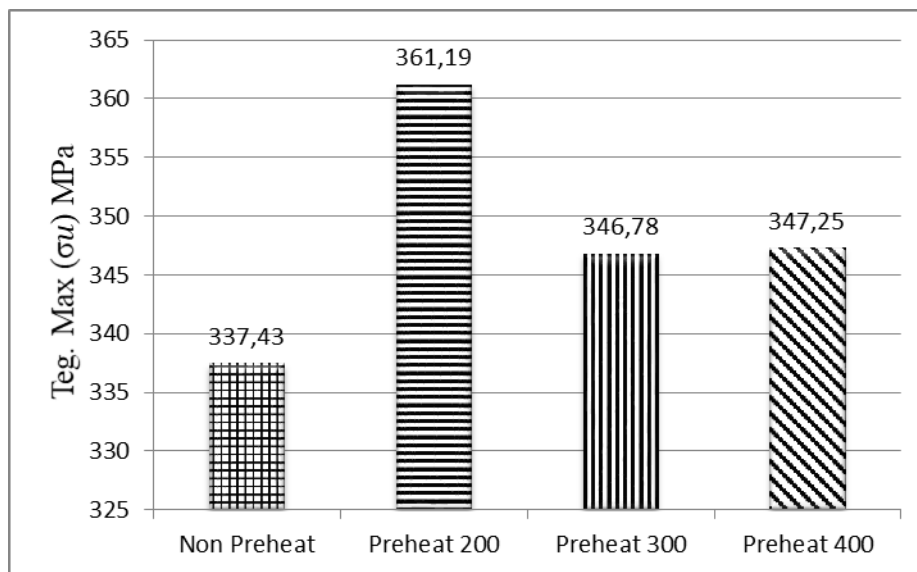
Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan pada daerah las tertinggi terletak pada spesimen *non preheat* sebesar  $163,86 \text{ kg/mm}^2$  dan kekerasan terendah pada spesimen *preheat* dengan temperatur  $400^\circ\text{C}$  di daerah logam induk sebesar  $107,13 \text{ kg/mm}^2$ . Sedangkan diantara variasi *preheat* yang dilakukan, kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari spesimen dengan temperatur *preheat*  $200^\circ\text{C}$  pada daerah las sebesar  $152,43 \text{ kg/mm}^2$ . Semakin tinggi temperatur *preheat* yang diberikan maka kekerasan akan semakin turun baik pada daerah las, HAZ maupun logam induk.

### 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 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian tarik

No	Kode spesimen	Teg.Luluh( $\sigma_y$ ) (MPa)	Teg.Maksimal( $\sigma_u$ ) (MPa)	Regangan ( $\epsilon$ ) (%)
1	Non Preheat	254,03	337,43	20,69
2	Preheat 200°C	280,78	361,19	20,81
3	Preheat 300°C	256,21	346,78	30,39
4	Preheat 400°C	248,35	347,25	30,21



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

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen dengan temperatur *preheat* 200°C yaitu sebesar 361,19 MPa dan tegangan tarik terendah pada spesimen *non preheat* yaitu sebesar 337,43 MPa. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen yang dilakukan proses *preheat* akan mengalami peningkatan kekuatan tariknya, besar perubahan kekuatan tarik tergantung pada besar temperatur *preheat* yang diberikan. Semakin besar temperatur *preheat* 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 dengan temperatur *preheat* 200°C karena struktur pada logam lasnya masih didominasi oleh AF sehingga ikatan antar butirnya kuat dan kekerasannya tinggi.





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

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

#### 4. KESIMPULAN

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

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa *strip plate* dengan ukuran 300 mm × 65 mm × 6 mm mengandung kadar karbon (C) 0,1659% pada logam induk dan 0,1311% pada daerah las, yang menunjukkan bahwa kedua daerah tersebut termasuk klasifikasi baja karbon rendah.
2. Struktur mikro yang terbentuk didaerah logam las adalah ; *acicular ferrite*, *widmanstatten ferrite*, dan *groin boundary ferrite*. Pada daerah HAZ adalah ; ferit dan perlit. Sedangkan pada logam induk adalah ; ferit dan perlit. Sehingga semakin tinggi temperatur *preheat* maka struktur yang didapatkan hanya *acicular ferrite*.
3. Hasil uji kekerasan menunjukkan perbandingan nilai kekerasan tertinggi antara spesimen *non preheat* dan *preheat* di daerah logam las yaitu sebesar 167,9  $kg/mm^2$  untuk *non preheat* dan 154,5  $kg/mm^2$  untuk spesimen dengan *preheat* 200°C. Perbandingan nilai kekerasan terendah antara spesimen *non preheat* dan *preheat* adalah di daerah logam induk sebesar 118,3  $kg/mm^2$  untuk *non preheat* dan sebesar 104,8  $kg/mm^2$  untuk *preheat* 400°C di daerah HAZ. Sedangkan perbandingan nilai kekerasan tertinggi antara variabel dengan temperatur *preheat* 200°C, 300°C, dan 400°C sebesar 154,5  $kg/mm^2$  untuk *preheat* 200°C di daerah las. Untuk yang terendah sebesar 139,8  $kg/mm^2$  pada daerah las dengan *preheat* 400°C. Secara umum nilai kekerasan tertinggi didapat dari logam las dan terendah pada logam induk. Semakin jauh dari logam las maka nilai kekerasannya akan menurun, hal ini disebabkan masukan panas yang terjadi selama proses *preheat* dan pengelasan serta laju pendinginan setelah pengelasan mengakibatkan struktur ferit berubah menjadi struktur *acicular ferrite*, *widmanstatten ferrite*, dan *grain boundary ferrite*.
4. Hasil Uji tarik menunjukkan nilai tarik tertinggi pada spesimen *preheat* temperatur 200°C dengan nilai 365,07 MPa. Sedangkan nilai tarik terendah pada spesimen *non preheat* dengan nilai 331,42 MPa. Secara umum pemberian *preheat* sebelum pengelasan akan meningkatkan sifat mekanis material tersebut. Ketika spesimen ditarik maka akan putus di daerah dengan nilai kekerasan terendah.

## 5. SARAN

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

1. Diharapkan untuk penelitian berikutnya menindak lanjuti *preheat* dengan variasi temperatur 180°C sampai 280°C.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi pengujian seperti uji dampak dan uji korosi.
3. Pastikan material yang akan digunakan pada penelitian yang akan datang berasal dari 1 sumber produksi material yang sama. Karena setiap industri material memiliki kandungan unsur yang berbeda pada *strip plate*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Alois Schonmetz, 1985, "Pengetahuan Dasar Logam", Angkasa, Bandung.
- Gathot, ddk 2015, Pengaruh Variasi Suhu Preheat Terhadap Sifat Mekanik Material SA 516 Grade 70 Yang Disambung Dengan Metode Pengelasan SMAW, Skripsi, Jurusan Sains dan Teknologi Terapan, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya.
- Harsono Wiryosumarto, Toshie Okumura, 1996, "Teknik Pengelasan Logam", Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Introduction to Structures in Metals, 2004, Metallography and Microstructures, Vol 9, ASM Handbook, ADM International, p. 23-28.
- Kuntho, dkk 2015, Studi Literatur Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Pada Pengelasan SMAW, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin STTNAS, Yogyakarta.
- Rafei Ahmadi, 2011, Laporan Praktikum Uji tarik.
- Syafi'i Nur Hidayat, 2016, Pengaruh Suhu Preheat Terhadap Sifat Mekanis (Tarik, Kekerasan) dan Struktur Mikro Sambungan Butt Joint Dengan Pengelasan SMAW Pada Baja Karbon, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin STTNAS, Yogyakarta.
- Yudhyadi, 2007, Karakteristik Hasil Las Titik Berdasarkan Pemilihan Variabel Arus Pada Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah, Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram, Mataram. <https://catatanabimanyu.wordpress.com/2011/05/07/pengaruh-beberapa-unsur-paduan-dalam-baja/Jakart>