

# Pengaruh PWHT terhadap struktur mikro pada lasan pipa baja ASTM A106 grade B

Andripa Sawaldi, Al Fathier, Akhyar Ibrahim

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email : andripasawaldi15@gmail.com

## Abstrak

Pada saat dilakukan pengelasan, suatu material (terutama *carbon steel*) akan mengalami perubahan struktur mikro karena terjadinya proses pemanasan dan pendinginan. Perubahan struktur yang menjadi tidak homogen inilah yang menyebabkan terjadinya tegangan sisa pada material pasca pengelasan. Dampak dari tegangan sisa ini material akan menjadi lebih keras akan tetapi ketangguhannya kecil. Ini tentu sifat yang tidak diharapkan. Oleh sebab itu, material harus dikembalikan ke sifat semula dengan cara pemanasan dengan suhu dan tempo waktu (*holding time*) tertentu. *Post weld heat treatment* (PWHT) merupakan proses perlakuan panas ulang (*reheating*) yang dilakukan pada hasil pengelasan suatu komponen. Pemanasan ini dilakukan hingga mencapai temperatur di bawah temperatur transformasi dengan laju pemanasan yang terkontrol dan juga dilakukan penahanan pada temperatur tersebut pada waktu tertentu kemudian laju pendinginan yang terkontrol. Tujuan utama dilakukan *Post weld heat treatment* adalah untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi pada hasil pengelasan. Metode eksperimen yang dilakukan adalah melihat struktur mikro dari variasi temperatur PWHT 300°C, 500°C, 700°C dengan lama waktu penahan 45 menit menggunakan material pipa baja ASTM A106 Grade B yaitu pipa baja carbon sedang. Pada tanpa perlakuan PWHT memiliki struktur mikro yang kasar, pada saat temperatur 300°C struktur ferit dan perlite mengalami perubahan menjadi halus, pada temperatur 500°C struktur ferit lebih dominan dari pada perlite, pada temperatur 700°C struktur perlite dan ferit berubah menjadi halus tetapi tidak sehalus pada saat tanpa PWHT.

**Kata kunci:** Pengelasan SMAW, PWHT, Metalografi

## Abstract

*When welding, a material (especially carbon steel) will experience changes in the micro structure due to the heating and cooling process. It is this change in structure which becomes homogeneous that causes residual stress in the post-welding material. The impact of this residual stress material will be harder but its toughness is small. This is certainly an unexpected trait. Therefore, the material must be returned to its original nature by heating with a certain temperature and tempo of time (holding time). Post weld heat treatment (PWHT) is a reheating process carried out on the welding results of a component. This heating is carried out until it reaches a temperature below the transformation temperature with a controlled heating rate and also held at that temperature at a certain time then the controlled cooling rate. The main purpose of the Post weld heat treatment is to eliminate residual stresses that occur in the welding results. The experimental method used is to look at the microstructure of PWHT temperature variations of 300 ° C, 500 ° C, 700 ° C with 45 minutes holding time using ASTM A106 Grade B steel pipe material which is a medium carbon steel pipe. In the absence of PWHT treatment, the microstructure is rough, at a temperature of 300 ° C the structure of ferrite and perlite changes smoothly, at a temperature of 500 ° C the structure of ferrite is more dominant than pearlite, at a temperature of 700 ° C the structure of the pearlite and ferrite changes to become smooth but not as smooth as without PWHT.*

**Keywords:** SMAW Welding Process, PWHT, Metallography

## 1. Pendahuluan

Pada saat dilakukan pengelasan, suatu material (terutama *carbon steel*) akan mengalami perubahan struktur mikro karena terjadinya proses pemanasan dan pendinginan. Perubahan struktur yang menjadi tidak homogen inilah yang menyebabkan terjadinya tegangan sisa pada material pasca pengelasan. Dampak dari tegangan sisa ini material akan menjadi lebih keras akan tetapi ketangguhannya kecil. Ini tentu sifat yang tidak

diharapkan. Oleh sebab itu, material harus dikembalikan ke sifat semula dengan cara pemanasan dengan suhu dan tempo waktu (*holding time*) tertentu. [1]

*Post weld heat treatment* (PWHT) merupakan proses perlakuan panas yang dilakukan pada hasil pengelasan suatu komponen. Pemanasan ini dilakukan hingga mencapai temperatur di bawah temperatur transformasi dengan laju pemanasan yang terkontrol dan juga dilakukan penahanan pada

temperatur tersebut pada waktu tertentu kemudian laju pendinginan yang terkontrol. Tujuan utama dilakukan *Post weld heat treatment* adalah untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi pada hasil pengelasan. [2]

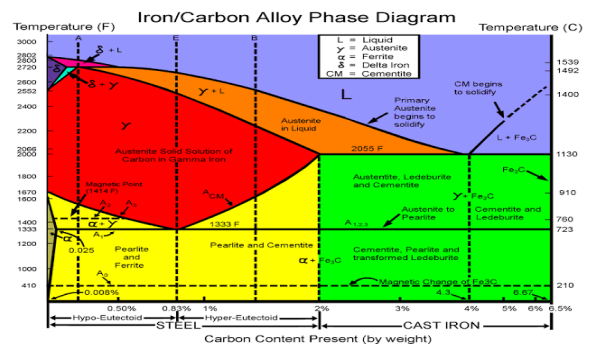
Pengelasan adalah menyambung logam dengan cara memanasi sampai mencair, dimana pada benda kerja yang mencair atau meleleh akan menyatu dengan bantuan bahan tambahan sehingga terbentuklah suatu sambungan, melelehnya benda kerja dan bahan tambahan disebabkan oleh panas yang datang dari busur listrik, busur listrik ini terjadi pada waktu adanya perpindahan arus listrik dari batang elektroda ke benda kerja lewat udara Busur listrik ini menyala dalam garis lintang udara yang menyalurkan arus listrik, oleh karena ada tahanan listrik yang tinggi pada waktu perpindahan arus dari ujung elektroda ke benda kerja, maka pada busur listrik dicapai suhu sampai 6.000 derajat Celcius. Oleh karena itu pemanasan ini bersifat setempat maka bagian benda kerja dan ujung elektroda yang saling berdekatan akan mencair[3].

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh PWHT dalam mengurangi kegetasan, tegangan sisa dan sebagai langkah untuk mengembalikan kondisi struktur material, pengaruh PWHT dengan holding 45 menit pada temperatur 300°C, 500°C, 700°C pada daerah sambungan las , *base metal*, dan *HAZ* dan untuk mengetahui hasil perbandingan struktur mikro sebelum dan sesudah proses PWHT.

## 2. Studi Literatur

PWHT adalah bagian dari process heat treatment yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terbentuk setelah proses welding selesai. Material terutama carbon steel akan mengalami perubahan struktur dan grain karena effect dari pemanasan dan pendinginan. Struktur yang tidak homogen ini menyimpan banyak tegangan sisa yang membuat material tersebut memiliki sifat yang lebih keras namun ketangguhannya lebih rendah.

Diagram fasa adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperature dimana terjadinya perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Pada kesetimbangan, struktur paduan ini dapat digambarkan dalam suatu diagram yang disebut diagram fasa dengan parameter suhu versus komposisi (mol atau fraksi mol). Tidak seperti struktur logam murni yang hanya dipengaruhi oleh suhu, sedangkan struktur paduan dipengaruhi oleh suhu dan komposisi. Diagram Fasa Fe-C terlihat seperti gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram fasa Fe-C

## 1. Metalografi

Metalografi adalah suatu metoda analisa mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi sehingga dapat mengidentifikasi fasa-fasa logam atau paduannya setelah mengalami proses perlakuan sebelumnya.

Analisa struktur Kristal butiran secara mikrokopis ini memungkinkan diperoleh pembesaran berkisar antar 100 sampai 2000 dan bahkan dengan bantuan mikroskop electron dapat diperbesar sampai ratusan dan ribuan kali dari pada ukuran benda aslinya. Dengan cara demikian, akan diperoleh gambar atau foto yang lebih baik dan dapat dianalisa dengan lebih baik pula.

## 2. Struktur Mikro

Struktur mikro yang juga disebut fasa itu dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Austenit (*Austenite*)

Austenit adalah larutan padat karbon bebas (ferit) dan besi dalam besi gamma. Pada pemanasan baja, setelah suhu kritis atas, pembentukan struktur selesai menjadi austenit yang keras, ulet dan non-magnetik. Ia mampu melarutkan karbon dalam jumlah besar. Hal ini terjadi di antara rentang kritis atau transfer selama pemanasan dan pendinginan baja. Austenit terbentuk ketika baja mengandung karbon hingga 1,8 % pada 1130 ° C. Pada pendinginan di bawah 723 ° C, ia mulai berubah menjadi perlit dan ferit. Baja Austenitik tidak dapat dikeraskan dengan metode perlakuan panas yang biasa dan non-magnetik.

### 2. Ferit (*Ferrite*)

Ferit mengandung sangat sedikit (atau tidak ada) karbon dalam zat besi. Ferit adalah nama yang diberikan untuk kristal besi murni yang lunak dan ulet. Pendinginan lambat dari baja karbon rendah di bawah suhu kritis menghasilkan struktur ferit. Ferit tidak mengeras bila didinginkan dengan cepat. Ferit sangat lembut dan sangat magnetik.

### 3. Sementit (*Cementite*)

Sementit adalah senyawa kimia karbon dengan besi dan dikenal sebagai besi karbida (Fe<sub>3</sub>C). Besi cor yang memiliki 6,67% karbon memiliki struktur sementit yang lengkap. Sementit bebas, ditemukan di semua baja yang mengandung lebih dari 0,83% karbon. Sementit meningkat dengan meningkatnya kadar karbon

sebagaimana tercermin dalam diagram Keseimbangan Fe-C. Kekerasan dan kerapuhan dari besi cor diyakini karena adanya sementit. Sementit mengurangi kekuatan tarik. Sementit terbentuk ketika karbon membentuk kombinasi yang pasti dengan besi dalam bentuk besi karbida yang sangat keras di alam. Kerapuhan dan kekerasan besi cor terutama dikontrol oleh keberadaan sementit di dalamnya. Sementit bersifat magnetik di bawah temperatur 200 ° C.

#### 4. Perlit (*Perlite*)

Perlit adalah paduan eutektoid dari ferit dan sementit. Perlit terjadi terutama pada baja karbon rendah dalam bentuk campuran mekanik ferit dan sementit dalam perbandingan 87:13. Kekerasannya meningkat dengan proporsi perlit dalam bahan besi. Pearlite relatif kuat, keras dan ulet, sedangkan ferit lemah, lunak dan ulet. Perlit berbentuk seperti lapisan terang dan gelap secara bergantian. Lapisan-lapisan ini bergantian antara ferit (terang) dan sementit (gelap). Ketika dilihat dengan bantuan mikroskop, permukaan memiliki penampilan seperti pearl (mutiara) mutiara, karenanya disebut perlit. Baja keras adalah campuran dari perlit dan sementit sedangkan baja lunak adalah campuran dari ferit dan perlit.

Karena kandungan karbon meningkat melebihi 0,2% pada suhu di mana ferit pertama kali ditolak dari penurunan austenit sampai, pada atau di atas 0,8% karbon, tidak ada ferit bebas, yang ditolak dari austenit. Baja ini disebut baja eutektoid, dan merupakan struktur perlit di dalam komposisinya. Karena besi yang memiliki berbagai persentase kadar karbon (hingga 6%) dipanaskan dan didinginkan

### 3. Metode Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa baja ASTM A106 grade B. Adapun langkah-langkah proses pengujian PWHT sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji sebanyak 4 buah, masing-masing 1 buah untuk setiap perlakuan *holding time*.
2. Memasukkan 1 spesimen untuk perlakuan yang pertama kedalam oven pemanas dengan temperature 300°C dan dilakukan *holding time* selama 45 menit. Setelah itu spesimen di keluarkan dari dalam oven dan dilakukan proses pendinginan secara alami.
3. Memasukkan 1 spesimen untuk perlakuan yang kedua kedalam oven pemanas dengan temperature 500°C dan dilakukan *holding time* selama 45 menit. Setelah itu spesimen di keluarkan dari dalam oven dan dilakukan proses pendinginan secara alami.
4. Memasukkan 1 spesimen untuk perlakuan yang ketiga kedalam oven pemanas dengan temperature 700°C dan dilakukan *holding time* selama 45 menit. Setelah itu spesimen di keluarkan dari dalam oven dan dilakukan proses pendinginan secara alami.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Komposisi Kimia Baja Karbon A106 Grade B

Hasil uji komposisi kimia pada baja karbon A106 Great B seperti yang terlihat pada table 2 dibawah:

| C    |           | P     | S     | Si   | Cr   | Cu   | Mo   | Ni   | V    |
|------|-----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Maks | MN        | Maks  | Maks  | Min  | Maks | Maks | Maks | Maks | Maks |
| 0,30 | 0,29–1,06 | 0,035 | 0,035 | 0,10 | 0,40 | 0,40 | 0,15 | 0,40 | 0,08 |

Tabel 2 Hasil Uji Komposisi Kimia

$$CE = c + \frac{MN}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$CE = 0,30 + \frac{1,06}{6} + \frac{0,40 + 0,15 + 0,08}{5} + \frac{0,40 + 0,40}{15}$$

$$CE = 0,30 + 0,17 + 0,126 + 0,05$$

$$CE = 0,64 \%$$

Dari perhitungan diatas didapat hasil CE 0,64 %, apabila CE lebih dari 0,60% maka harus dilakukan proses PWHT.

### 4.2 Hasil Pengelasan

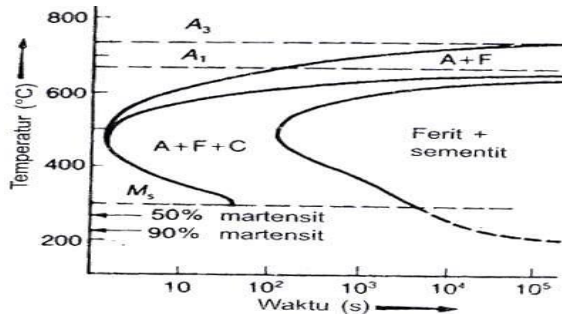
Pada penelitian ini menggunakan proses pengelasan SMAW dengan polaritas DCEP, Arus yang digunakan 80 Ampere, elektroda yang digunakan 6010 dan 7018 Setelah selesai dilakukan pengelasan, hasil lasan tersebut dilakukan pengujian tidak merusak berupa *penetrant test*. Hasil *penetrant test* menunjukkan tidak ada indikasi terjadi cacat pada area pengelasan seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Hasil Pengujian *Penetrant*



### 4.3 Hasil PWHT



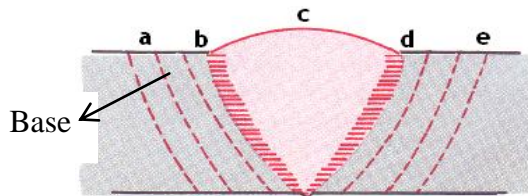
Gambar 3 Diagram TTT

Pelaksanaan perlakuan panas terhadap baja melibatkan penggunaan bermacam-macam kecepatan pendinginan. Meskipun pengaruh waktu tidak terlihat secara jelas pada diagram besi-karbon. Dengan demikian studi tentang fenomena transformasi menjadi penting dan transformasi fasa untuk bermacam-macam baja untuk tercatat hubungannya terhadap perubahan waktu dan juga temperatur.

Diagram diatas untuk melihat hasil dari pengaruhnya pendinginan, apabila didinginkan dengan cepat maka struktur yang didapat yaitu martensit. pada kasus ini saya menggunakan pendingin udara yang dihasil oleh pendinginan udara yaitu struktur ferit

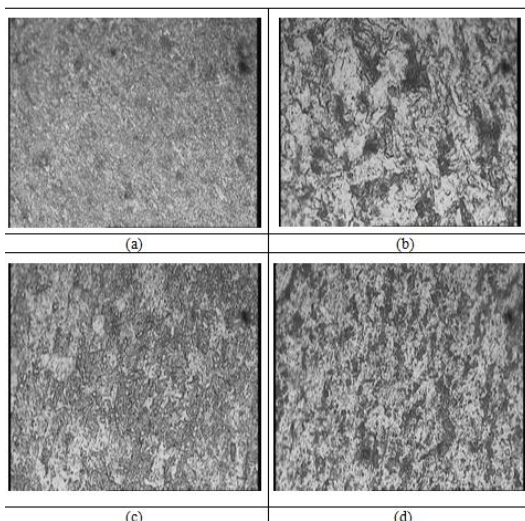
### 4.4 Pemeriksaan Metalografi

#### 1. Struktur Mikro pada Base



Gambar 4 Titik Pengujian pada Base

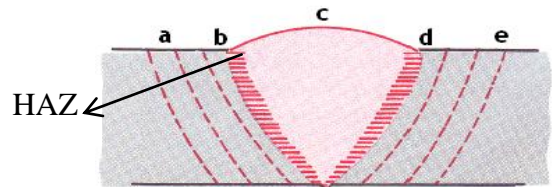
Secara umum hasil dari pengujian pada Base dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Struktur mikro base metal pada temperatur (a) PWHT 300°C (b) PWHT 500°C (c) PWHT 700°C dan (d) Tanpa Perlakuan

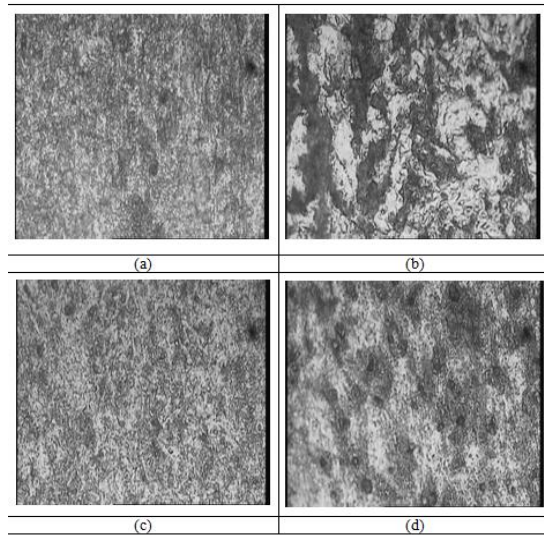
Pada base metal dengan temperatur 300°C memiliki struktur mikro perlit dan perlit yang lebih halus dibandingkan dengan temperatur yang lainnya, pada temperatur 500°C terjadi perubahan struktur kristal yang semakin membesar, pada temperatur 700°C terlihat lebih rapi dan beraturan, pada tanpa perlakuan memiliki struktur yang besar.

#### 2. Struktur Mikro pada HAZ



Gambar 6 Titik Pengujian pada HAZ

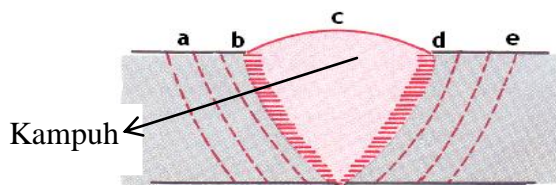
Secara umum hasil dari pengujian pada HAZ dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7 struktur mikro HAZ pada temperatur (a) PWHT 300°C (B) PWHT 500°C (c) PWHT 700°C (d) tanpa perlakuan

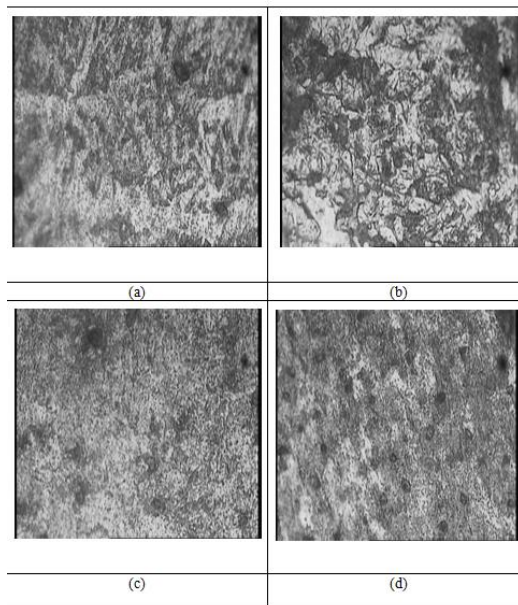
Pada daerah HAZ temperatur 300°C memiliki ukuran struktur yang berbeda dengan daerah base metal, daerah HAZ memiliki struktur kristal yang lebih besar, perubahan ini terjadi akibat pengaruh dari panas saat proses pengelasan, perubahan ini juga dialami oleh temperatur 500°C, 700, dan tanpa perlakuan.

### 3. Struktur Mikro pada Kampuh



Gambar 8 Titik Pengujian pada HAZ

Secara umum hasil dari pengujian pada Kampuh dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 9 struktur mikro kampuh las pada temperatur (a) PWHT 300°C (b) PWHT 500°C (c) PWHT 700°C (d) tanpa perlakuan

Perubahan juga terjadi pada kampuh, struktur mikro pada kampuh ukuran kristal lebih besar dari pada HAZ, perubahan ini terjadi karena pengaruh panas yang lebih tinggi dari pada daerah HAZ. Sedangkan pada daerah HAZ adalah daerah base yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan.

Pada temperatur 300°C, 500°C, 700°C, dan tanpa PWHT struktur ferit (butiran yang berwarna terang) lebih banyak dibandingkan dengan pearlit (butiran yang berwarna gelap).

### 5 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan carbon equivalent didapat sebesar 0,64% . Pada base metal dengan temperatur 300°C memiliki struktur mikro perlit dan perlit yang lebih halus dibandingkan dengan temperatur yang lainnya, pada temperatur 500°C terjadi perubahan struktur kristal yang semakin membesar, pada temperatur 700°C terlihat lebih rapi dan beraturan, pada tanpa perlakuan memiliki struktur yang besar. Pada daerah HAZ temperatur 300°C memiliki ukuran struktur yang berbeda dengan daerah base metal, daerah HAZ memiliki struktur kristal yang lebih besar, perubahan ini

terjadi akibat pengaruh dari panas saat proses pengelasan, perubahan ini juga dialami oleh temperatur 500°C, 700, dan tanpa perlakuan. Perubahan juga terjadi pada kampuh, struktur mikro pada kampuh ukuran kristal lebih besar dari pada HAZ, perubahan ini terjadi karena pengaruh panas yang lebih tinggi dari pada daerah HAZ. Sedangkan pada daerah HAZ adalah daerah base yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan.

### Daftar Pustaka

- [1] Achmad Arifin. "Post Weld Heat Treatment (PWHT) pada Proses Pengelasan ». Retrieved January 15, 2019, from <http://achmadarifin.com/post-weld-heat-treatment-pwht-pada-proses-pengelasan>. 2016
- [2] Achmad Arifin. "Pengelasan SMAW; pengertian dan prosedur pelaksanaannya [bagian-1] ». Retrieved January 28, 2019, from <http://achmadarifin.com/pengertian-pengelasan-smaw>. 2018
- [3] Muchlisin Riadi. Apa itu Pengelasan? - KajianPustaka.com. Retrieved January 28, 2019, from <https://www.kajianpustaka.com/2016/03/apa-itu-pengelasan.html>. 2016
- [4] Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradya Paramita. 1996.