

# PENGARUH SUHU NORMALIZING TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PENGELASAN BAJA PLAT KAPAL

Sutrisna<sup>\*)</sup>

## Abstrak

Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih melalui proses pencairan setempat. Pengelasan yang dilakukan menggunakan las listrik dengan elektroda terbungkus dengan arus listrik bolak-balik (AC) pengelasan dilakukan pada plat kapal dengan kampuh V. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu normalizing terhadap sifat fisis dan mekanis pada plat kapal.

Pengelasan dilakukan pada baja plat kapal dengan tebal 12 mm yang di las menggunakan metode shielded metal arc welding (SMAW) dengan kampuh V. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, uji tarik, uji densitas dan struktur mikro.

Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa baja plat kapal termasuk dalam golongan baja karbon rendah karena kandungan karbonnya kurang dari 0,3 %. Wolfram (W) 0,468 % berpengaruh meningkatkan kekuatan, densitas dan kekuatan pada suhu tinggi dan Mangan (Mn) akan meningkatkan kekuatan, densitas, tahan aus dan mampu tempa tetapi menurunkan kemampuan kerja dengan mesin-mesin perkakas. Kekuatan tarik maksimum terjadi pada proses normalizing pada suhu 750 °C ( $\sigma_u = 43,69 \text{ kg/mm}^2$ ) sedangkan kekuatan tarik minimum terjadi pada raw material ( $\sigma_u = 32,74 \text{ kg/mm}^2$ ). Hasil uji densitas menunjukkan densitas tertinggi terjadi pada daerah las sebelum mendapatkan perlakuan normalizing yaitu 142,6  $\text{kg/mm}^2$ , sedangkan densitas terendah pada daerah raw material 94,9  $\text{kg/mm}^2$  pada perlakuan normalizing 750 °C. Struktur mikro pada logam induk (raw material) terdapat struktur ferit dan perlit dalam bentuk butiran kasar. Struktur mikro logam las terdiri dari ferit acicular, ferit side plate dan ferit batas butir. Pada perlakuan 750 °C, logam las didominasi ferit acicular sehingga bahan makin ulet, dan mempunyai kekuatan tarik tinggi.

Kata kunci: suhu normalizing, plat kapal, SMAW, ferit acicular, ferit side plate, ferit batas butir.

## PENDAHULUAN

Plat baja merupakan salah satu bahan (material) yang banyak digunakan untuk konstruksi *engineering* seperti untuk bejana tekan, ketel uap, dan kapal laut. Berdasarkan komposisi kimia dari plat baja dapat dibagi menjadi baja karbon dan baja paduan. Baja karbon mempunyai beberapa jenis diantaranya baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi, sedangkan pada baja paduan juga terdapat beberapa jenis seperti, baja paduan rendah, baja paduan sedang, dan baja paduan tinggi. Jenis baja yang banyak digunakan dalam konstruksi *engineering* adalah baja karbon rendah karena mempunyai sifat mekanis yang baik dan banyak digunakan pada kondisi *normalizing* untuk keperluan berbagai macam konstruksi, seperti untuk konstruksi jembatan, konstruksi kapal, konstruksi mobil.

Proses penyatuan (penggabungan) material konstruksi dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, dengan sambungan keling, sambungan baut, sambungan patri, dan sambungan las. Untuk kondisi beban yang statis maka sambungan yang banyak digunakan adalah sambungan las. Sambungan las merupakan sambungan permanen yang tidak dapat dilepas dengan kondisi bahan seperti sebelum dilas. Proses pengelasan, dapat menyebabkan perubahan sifat fisis dan mekanis suatu material sehingga untuk mengatasi perubahan akibat proses pengelasan maka dilakukan pemanasan kembali (*normalizing*) untuk mengembalikan sifat fisis dan mekanis bahan (material).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *normalizing* terhadap sifat fisis dan mekanis pada baja plat kapal yang di las menggunakan metode *shielded metal arc welding (SMAW)* dengan kampuh V.

---

\*) Dosen Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

## TINJAUAN PUSTAKA

**Kristiawan (2000)**, dalam penelitiannya tentang pengaruh arus listrik AC dan DC pada las busur listrik bahwa densitas dan kekuatan tarik untuk arus listrik AC dan DC hampir sama. Untuk densitasnya pada logam las (untuk arus AC sebesar  $41 \text{ kg/mm}^2$  dan DC sebesar  $39,9 \text{ kg/mm}^2$ ), pada daerah HAZ (untuk arus AC sebesar  $39 \text{ kg/mm}^2$  dan DC sebesar  $38,6 \text{ kg/mm}^2$ ) dan pada logam induk (untuk arus AC sebesar  $39,9 \text{ kg/mm}^2$  dan DC sebesar  $38,6 \text{ kg/mm}^2$ ), sedangkan untuk kekuatan tariknya pada arus AC sebesar  $57,61 \text{ kg/mm}^2$  dan untuk arus DC sebesar  $56,36 \text{ kg/mm}^2$ . Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan arus listrik AC maupun DC tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas dan kekuatan tarik material yang dilas.

Penelitian tentang pengaruh variasi pemanasan *postweld* terhadap tegangan tarik konstruksi baja karbon rendah menyatakan bahwa dengan proses *normalizing* dapat meningkatkan kekuatan tarik, ini ditunjukkan dengan besarnya tegangan tarik maksimum pada benda uji tanpa perlakuan, sebesar  $45,26 \text{ kg/mm}^2$ . Titik luluh dan tegangan patah menjadi turun pada uji sebelum dilakukan proses pemanasan (tanpa perlakuan) dan setelah perlakuan (**Iman,2000**).

Material baja pada umumnya dikelompokkan berdasarkan komposisi kimianya menjadi baja karbon dan baja paduan. Baja karbon merupakan paduan Fe dan C yang mempunyai kekuatan tarik tinggi, keras dan ulet. Sifat baja dapat dirubah dengan mengatur komposisi kimianya, terutama pengaturan jumlah kadar karbon serta dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Baja merupakan paduan dari besi dan karbon, serta unsur paduan lain yang dapat dibentuk melalui pengecoran dan penempaan. Unsur karbon menjadi salah satu unsur yang terpenting dalam baja karena dapat meningkatkan densitas dan kekuatan baja.

Proses pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) memberikan definisi sebagai proses penyambungan material dengan memanaskannya sampai suhu pengelasan, dengan atau tanpa menggunakan tekanan atau dengan tanpa menggunakan logam pengisi (**Wirjosumarto, 2004**). Las merupakan salah satu cara penyambungan yang bersifat permanen dari bagian logam, sehingga menjadi satu kesatuan. Secara konvensional dibagi dua klasifikasi yaitu berdasarkan cara kerja dan berdasar energi yang digunakan (**Wirjosumarto, 2004**). Klasifikasi yang pertama membagi las dalam kelompok cair, las tekan, las patri dan kedua membedakan adanya kelompok-kelompok misalnya las listrik, las kimia, las mekanik.

Diantara kedua klasifikasi tersebut diatas, pengklasifikasian berdasarkan cara kerja yang lebih banyak digunakan, Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematiran .

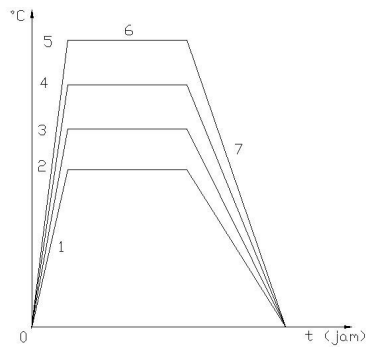
## METODE PENELITIAN

Benda uji yang digunakan adalah plat baja kapal dengan ketebalan 12 mm. Benda uji yang digunakan ada 3 macam, yaitu 1) plat baja kapal yang mengalami proses pengelasan kemudian dipanaskan, 2) plat baja kapal mengalami proses pengelasan tanpa dipanaskan, 3) plat baja kapal tanpa pengelasan. Plat baja kapal tersebut di las dengan menggunakan las *SMAW* dengan arus 150 Ampere dengan elektroda *AWS E 6013* diameter 2.6 mm.

Alat yang digunakan adalah mesin pemotong plat dan mesin las di PT Purosani Prima Yogyakarta, Oven pemanas di laboratorium Material Teknik STTNAS serta mesin uji tarik, densitas dan struktur mikro di laboratorium TM D3 UGM Yogyakarta.

Mula-mula 4 buah benda uji disiapkan terlebih dahulu, satu benda uji dimasukan kedalam oven pemanas, dipanaskan sampai  $730 \text{ }^\circ\text{C}$  dalam waktu  $\pm 30$  menit setelah mencapai suhu  $730 \text{ }^\circ\text{C}$  ditahan selama 4 jam dan didinginkan dengan pendinginan udara (*normalizing*),

untuk ke tiga buah benda uji mendapatkan perlakuan sama dengan benda uji satu hanya dibedakan dalam variasi suhu 750 °C, 770 °C, dan 790 °C.



Keterangan :

1. 30 menit
2. 730° C
3. 750° C
4. 770° C
5. 790° C
6. 4 jam
7. Normalisasi

Gambar 1. Laju pemanasan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Komposisi

Tabel 1. Data Komposisi Baja Plat Kapal

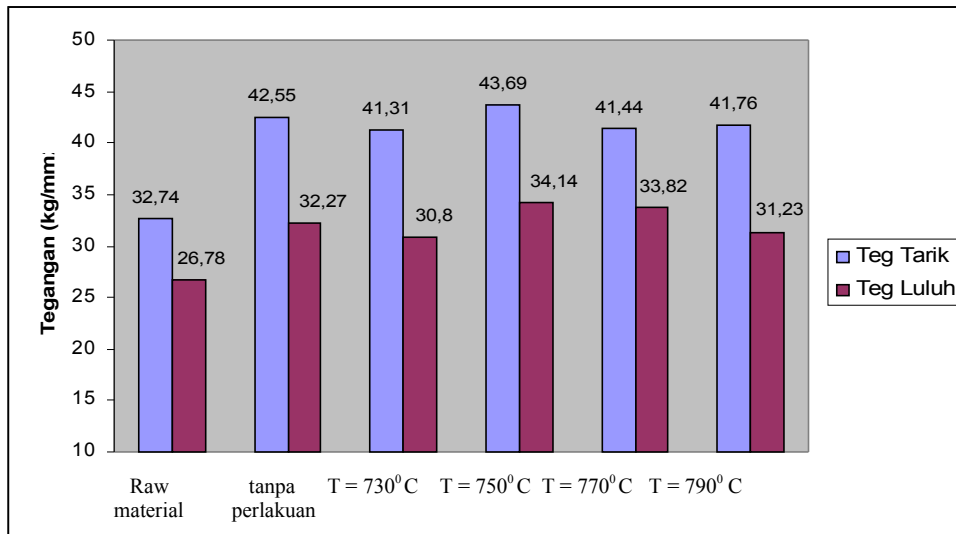
UNSUR	Raw (%)	Las (%)
Fe	98,55	99,22
C	0,061	0,113
Si	0,008	0,183
Mn	0,266	0,337
P	0,021	0,012
Ni	0,049	0,045
Al	0,053	0,000
B	0,0017	0,000
Cr	0,028	0,025
Cu	0,048	0,060
Nb	0,061	0,010
Pb	0,0145	0,000
Sn	0,015	0,004
Ti	0,123	0,010
V	0,005	0,000
W	0,468	0,000

Hasil uji komposisi bahan terpakai (*Raw matrial*) dan daerah las di atas menunjukkan bahwa baja tersebut masuk dalam golongan baja karbon rendah karena kandungan karbonnya kurang dari 0,3 %. Banyaknya kandungan wolfram (W) 0,468 % pengaruhnya adalah dapat meningkatkan kekuatan, densitas dan kekuatan pada suhu tinggi. Kandungan mangan (Mn) akan meningkatkan kekuatan, densitas, tahan aus dan kemampuan ditempa tetapi dapat menurunkan kemampuan dikerjakan dengan mesin-mesin perkakas. Titanium (Ti) sebanyak 0,123 % karbid titanium memiliki densitas dan titik lebur yang tinggi. Silisium (Si) sebanyak 0,185 % pada daerah las mempunyai pengaruh dapat meningkatkan kekuatan, densitas, kemampuan diperkeras, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan korosi, sedangkan dapat menurunkan regangan, kemampuan ditempa dan dilas. Unsur-unsur lainnya yang terdapat pada baja karbon rendah tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap sifat dari baja karbon rendah itu.

### Hasil Uji Tarik

Dalam pengujian tarik dengan berbagai variasi suhu, tanpa perlakuan panas dan logam induk (*raw matrial*), dimana kekuatan tarik dan tegangan luluh terbesar ada pada spesimen

dengan perlakuan panas 750 °C, dimana tegangan tarik (43,69 kg/mm<sup>2</sup>) dan tegangan luluh yang dihasilkan adalah (34,14 kg/mm<sup>2</sup>). Bahan ini mengalami peningkatan kekuatan tarik yang besar namun getas.



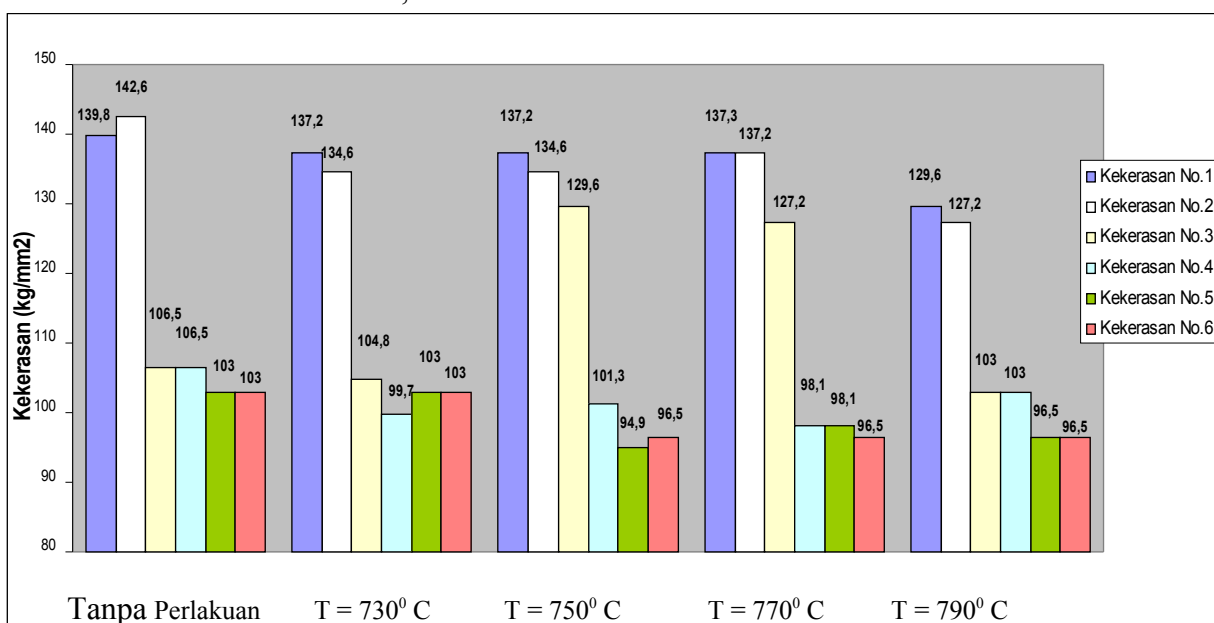
Gambar

2. Histogram tegangan tarik dan tegangan luluh

### Hasil Uji Densitas

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode densitas *Vickers*, besar beban yang digunakan P = 20 kg dengan lama pembebanan 10 detik, masing-masing spesimen pengambilan jejak dilakukan sebanyak 6 kali tiap-tiap spesimen, nomor 1 dan 2 daerah las, nomor 3 dan 4 daerah haz dan nomor 5 dan 6 daerah logam induk. Untuk penjejakan itu sendiri dilakukan dari garis sumbu daerah las di tarik keluar daerah las dengan jarak tiap penjejakan 2,5mm.

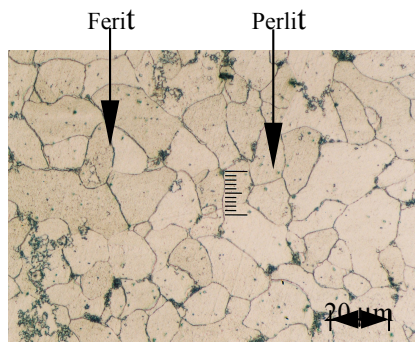
Melihat hasil pengujian densitas pada gambar di atas nilai densitas tertinggi ada pada daerah las dikarenakan butiran ferlitnya lebih banyak dibandingkan daerah lain hal ini dipengaruhi oleh elektroda yang digunakan komposisi kimia lebih besar terutama kadar karbon sebesar 0,113 %, dibandingkan bahan terpakai untuk pengujian komposisi kimia lebih rendah dimana kadar karbon 0,061 %.



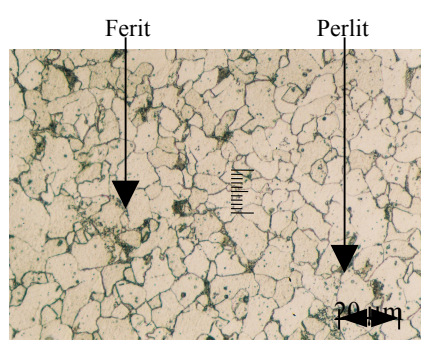
Gambar 3. Histogram Densitas

## Hasil uji struktur mikro

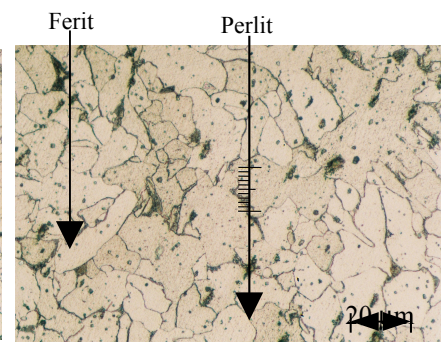
Hasil uji struktur mikro di tampilkan pada gambar dibawah, dimana didalamnya dapat dilihat banyak sekali perubahan-perubanan.



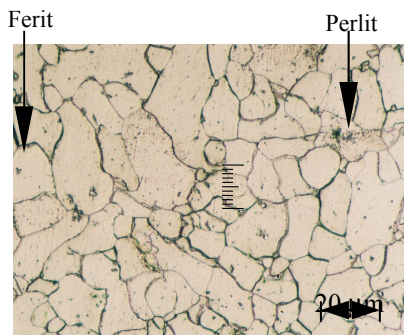
**Gambar 4.** Struktur mikro logam induk tanpa perlakuan panas



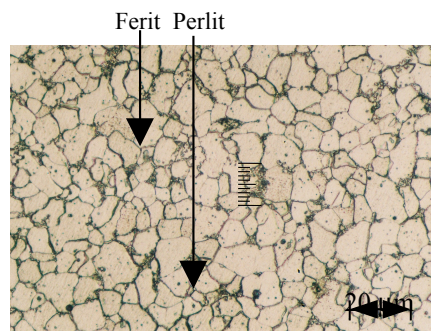
**Gambar 5.** Struktur mikro daerah Haz tanpa pemanasan



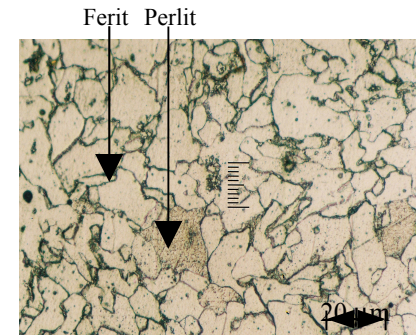
**Gambar 6.** Struktur mikro daerah Las tanpa pemanasan



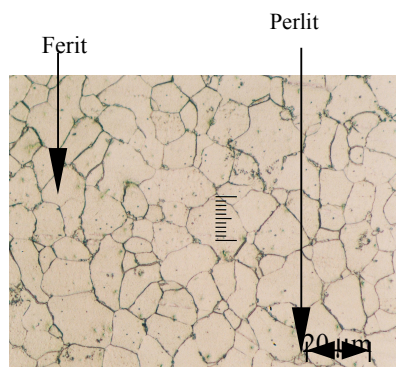
**Gambar 7.** Struktur mikro logam induk T = 730 °C



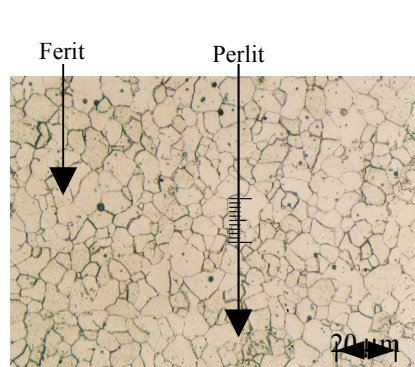
**Gambar 8.** Struktur mikro daerah Haz T = 730 °C



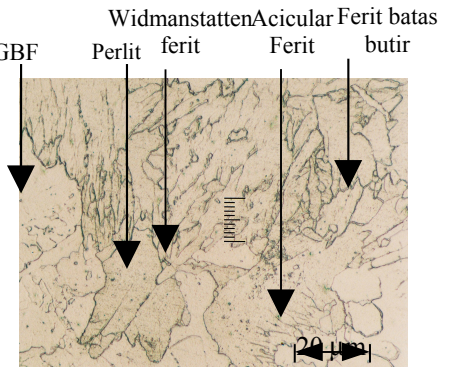
**Gambar 9.** Struktur mikro daerah Las T = 730 °C



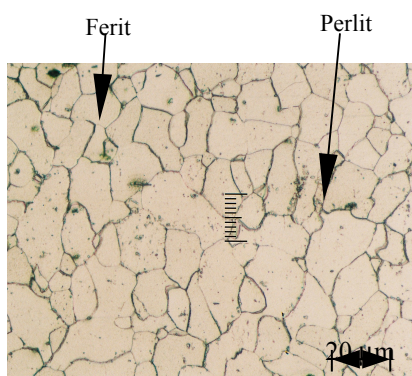
**Gambar 10.** Struktur mikro logam induk T = 750 °C



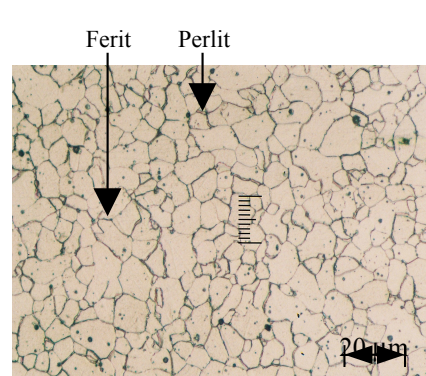
**Gambar 11.** Struktur mikro daerah Haz T = 750 °C



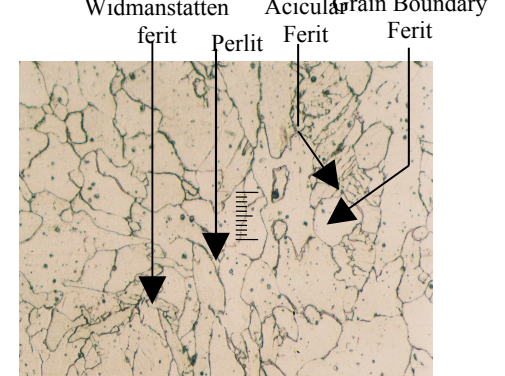
**Gambar 12.** Struktur mikro daerah Las T = 750 °C



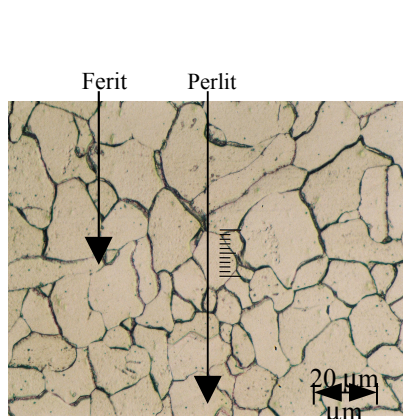
**Gambar 13.** Struktur mikro logam induk T = 770 °C



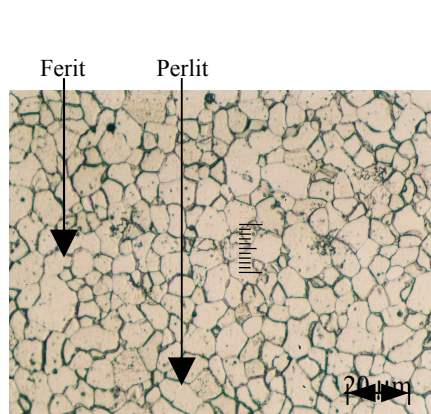
**Gambar 14.** Struktur mikro daerah Haz T = 770 °C



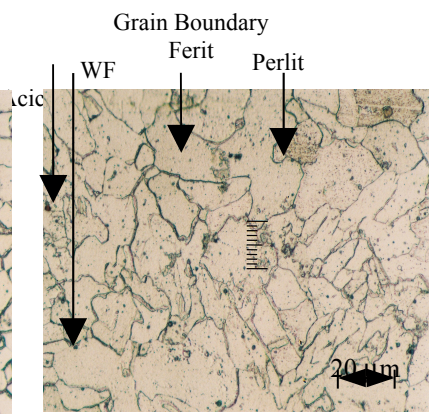
**Gambar 15.** Struktur mikro daerah Las T = 770 °C



**Gambar 16.** Struktur mikro logam induk  $T = 790\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Gambar 17.** Struktur mikro daerah Haz  $T = 790\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Gambar 18.** Struktur mikro daerah Las  $T = 790\text{ }^{\circ}\text{C}$

a. Daerah logam induk

Logam induk tanpa perlakuan panas merupakan struktur awal dari proses perlakuan panas dimana pada semua daerah logam induk dan daerah HAZ hanya terdapat unsur perlit dan ferit saja. Kandungan struktur tersebut menyebabkan logam induk akan memiliki keuletan tinggi dibandingkan setelah dipanaskan akan tetapi densitasnya lebih rendah. Setelah logam induk dipanaskan dengan berbagai variasi suhu dan media pendinginan normalisasi maka struktur butir mengalami perubahan-perubahan diantaranya feritnya akan bertambah besar dan perlit semakin tinggi suhu yang di pakai maka struktur perlitnya akan semakin halus atau hampir tidak ada dan memiliki keuletan yang tinggi dibandingkan setelah dipanaskan tetapi densitasnya akan turun.

b. Daerah HAZ (*Heat Afected Zone*)

Pada daerah HAZ akan terjadi sensitasi yaitu terjadinya perpindahan unsur Cr meninggalkan batas butir sehingga akan lebih cepat terkorosi hal ini terjadi karena pengaruh panas yang tinggi untuk mengatasinya maka perlu dilakukan pemanasan kembali hal ini untuk mengembalikan unsur Cr. Struktur yang terjadi pada daerah HAZ adalah ukuran butir ferit kasar dengan kandungan perlit lebih sedikit dibandingkan dengan daerah lain dan semakin tinggi temperatur pemanasan feritnya akan semakin besar dan kandungan perlitnya akan bertambah kecil semakin tinggi lagi temperaturnya kandungan perlit hampir tidak ada. Daerah haz yang berbutir kasar dengan kandungan perlit yang lebih sedikit akan menyebabkan perubahan pada sifat mekanik diantaranya penurunan ketangguhan, densitas dan kekuatan tarik.

Daerah Haz akan semakin keras dibandingkan logam induk dikarenakan kandungan ferit lebih kasar dan perlitnya banyak dari daerah logam induk karena semakin banyak kandungan kadar karbonnya akan meningkat maka densitasnya juga akan meningkat, kadar karbon terbentuk karena pada saat pengelasan berlangsung daerah haz akan terkena panas disaat itu kadar karbon akan terurai keluar dari batas butir. Untuk mengembalikan struktur tersebut dibutuhkan pemanasan kembali  $10\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$  diatas suhu keritis dengan pendinginan udara (*Normalizing*) apabila pemanasan melebihi suhu yang diijinkan maka perlit yang akan terurai ke batas butir dan menyebabkan densitas akan menurun dikarenakan struktur perlitnya semakin halus.

c. Daerah logam las

Struktur mikro logam las dari berbagai variasi suhu diperoleh struktur yang bervariasi yang disebabkan transformasi yang ada pada saat pengelasan berlangsung. Logam las mengalami pemanasan yang tinggi dan dilanjutkan dengan pendinginan. Acicular ferit akan terbentuk dengan sendirinya dan membentuk perlit kecil dimana dalam penguraiannya akan menyambung bersama dengan butiran halus dan ukurannya. Meningkatnya pecahnya ferit disini membentuk acicular ferit, grain boundary ferit dan widmanstatten ferit, dari bentuk-

bentuk yang ada akan merugikan ketahanan logam karena struktur mikro akan mudah dilalui perambatan. Grain boundary ferit akan menurunkan densitas dan kekuatan tarik sedangkan widmanstatten ferit menyebabkan peningkatan densitas.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian pengelasan SMAW dengan proses *normalizing* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekutan tarik maksimum terjadi pada proses *normalizing* pada suhu 750 °C ( $\sigma_u = 43,69 \text{ kg/mm}^2$ ) sedangkan kekuatan tarik minimum terjadi pada *raw material* ( $\sigma_u = 32,74 \text{ kg/mm}^2$ ), dengan bentuk patahan yang bervariasi.
2. Hasil uji densitas menunjukkan densitas tertinggi terjadi pada daerah las sebelum mendapatkan perlakuan *normalizing* (HVN = 142,6  $\text{kg/mm}^2$ ), sedangkan densitas terendah pada daerah *raw material* (HVN = 94,9  $\text{kg/mm}^2$ ) pada perlakuan *normalizing* 750 °C.
3. Struktur mikro pada logam induk (*raw material*) terdapat struktur ferit dan perlit dalam bentuk butiran kasar. Struktur mikro logam las terdiri dari ferit acicular, ferit side plate dan ferit batas butir. Pada perlakuan 750 °C, logam lasan didominasi ferit acicular sehingga bahan makin ulet, tetapi mempunyai kekuatan tarik tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., terj. Sriati Djaprie, 1989, *Teknologi Mekanik*, Erlangga, Edisi Ketujuh, Jilid I, Jakarta.
- Anomin, *Welding Metalurgi*, Freeport Indonesia Company.
- Beumer, BJM., 1978, *Ilmu Bahan Logam*, jilid I, PT. Bharatara Karya Aksara, Jakarta.
- Gourd, L. M., 1980, *Principles of Welding Technology*, Edward Arnold Publishers, London
- Harsono Wiryosumarto, 2000, *Teknik Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Iman, 2000, *Pengaruh Variasi Pemanasan Postweld Terhadap Tegangan Tarik Konstruksi Baja Karbon Rendah*, skripsi (tidak dipublikasikan), STTNAS Yogyakarta
- Kou, S., 1987, *Welding Metallurgy*, A Willey Interscience Publication, Singapore.
- Tata Surdia, Saito S., 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Cetakan Kelima, Jakarta.
- Van Vlack, L.H., terj. Sriati Djaprie, 1981, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Cetakan Keempat, Jakarta.
- Wiryosumarto, H., dan Okumura, T., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan ke-9, PT. Pradnya Paramita, Jakarta