

# PERUBAHAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS DARI BAJA SA 333 GRADE 9 SETELAH DI LAS DENGAN METODE SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA E7018

Oleh:

Burju Hamonangan P. Pasaribu <sup>1)</sup>

Jesse Frent's Hutagalung <sup>2)</sup>

Sawin Sebayang <sup>3)</sup>

Rasta Purba <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail:

[burjupasaribu25@gmail.com](mailto:burjupasaribu25@gmail.com) <sup>1)</sup>

[Jesefrents21@gmail.com](mailto:Jesefrents21@gmail.com) <sup>2)</sup>

[sawinsebayang@gmail.com](mailto:sawinsebayang@gmail.com) <sup>3)</sup>

[RastaPurba@gmail.com](mailto:RastaPurba@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRACT

*The use of different electrodes and currents in the welding process affects the physical and mechanical properties of the welds. This study aims to determine the results of welds, microstructure, hardness distribution and tensile strength on the use of electrode types and welding currents. SA 333 steel was SMAW welded using E7018 electrode at constant speed. The welding results were analysed for macro structure, micro structure, hardness and tensile strength. Welding current affects the macro characteristics, microstructure, hardness distribution and tensile strength. The higher the current used, the lower the hardness and tensile strength values. The results of tensile testing show that the Raw Material for SA 333 grade 9 carbon steel has a higher tensile strength value, namely the maximum value of 6450 and a fracture stress of 4900 MPa and the results of hardness, there are differences in hardness values in the base metal, Haz area and weld metal area. in the weld metal area has the highest hardness value of 4530 HVN compared to the base metal and Haz.*

**Keywords:** *Electrodes, Electricity, Steel, Materials*

## ABSTRAK

Penggunaan elektroda dan arus yang berbeda pada proses pengelasan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik hasil lasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil lasan, struktur mikro, distribusi kekerasan dan kekuatan tarik terhadap penggunaan jenis elektroda dan arus pengelasan. Baja SA 333 dilakukan pengelasan SMAW menggunakan elektroda E7018 pada kecepatan konstan. Hasil pengelasan dilakukan analisa struktur makro, struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik. Arus pengelasan berpengaruh terhadap karakteristik makro, struktur mikro, distribusi kekerasan dan kekuatan tariknya. Semakin tinggi arus yang dipakai semakin rendah nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada Raw Material untuk baja karbon SA 333 grade 9 mempunyai nilai kekuatan tarik lebih tinggi yaitu nilai maksimal sebesar 6450 dan tegangan patah 4900 MPa dan Hasil dari kekerasan, adanya perbedaan nilai kekerasan pada base metal, daerah Haz dan daerah weld metal. pada daerah weld metal mempunyai nilai kekerasan yang tertinggi yaitu sebesar 4530 HVN dibandingkan dari base metal dan Haz.

**Kata Kunci:** *Elektroda, Listrik, Baja, Material*

## 1. PENDAHULUAN

Logam merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari dunia industri yang saat ini perkembangannya begitu pesat. Dan logam yang paling banyak dipergunakan adalah baja yaitu baik di bidang sipil, structural, pipelimes, offshore platforms, dan sebagainya.

Salah satu bahan baja yang paling banyak dipakai, terutama untuk bidang perpipaan dan platform di industry oil dan gas baik di Indonesia maupun diluar negeri adalah Baja SA GRADE 9 dalam prakteknya baja ini biasanya di las menggunakan pengelasan GTAW (Gas Tungsen Arc Welding) dan SMAW (Shielding Metal Arc Welding).

Baja jenis ini juga dapat dilakukannya proses penyambungan dengan cara mengkombinasikan antara proses pengelasan GTAW dengan SMAW dengan berbagai jenis elektroda yang dimana seperti pada golongan basic, cellulose dan rutil. Dalam skripsi ini penulis membatasi penelitian khusus untuk pengelasan pada BAJA SA GRADE 9 tersebut dengan metode pengelasan SMAW.

Hal-hal yang dapat mempengaruhi pengelasan/las ialah prosedur pengelasan. prosedur pengelasan itu sendiri adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang dapat meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai dengan rencana dan spesifikasi yang dapat menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi dalam pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan dalam pelaksanaan, persiapan pengelasan iyalah (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh),

Sampai pada saat ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las. Itulah sebabnya perlu adanya kesepakatan dalam hal-hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasi tersebut pada waktu

ini dapat dibagi dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Prinsip Kerja Las Busur

Listrik Pengelasan busur listrik adalah cara pengelasan menggunakan busur listrik atau percikan bunga api listrik akibat hubungan singkat antara dua kutub listrik yang teionisasi dengan udara melalui penghantar batang elektroda yang sekaligus dapat digunakan pula sebagai bahan tambah atau bahan pengisi dalam pengelasan

Ada beberapa kelebihan dan kekurangan Las Busur Listrik (Las Listrik) bila dibandingkan dengan Pengelasan dengan gas (Las Gas) antara lain

Kelebihan :

- Ukuran yang menyesuaikan kapasitas yang kita pilih, sehingga dapat menyesuaikan kebutuhan dan mudah jika ingin dipindah / dibawa kemanapun kita mau.
- Harga kawat las yang lebih murah.
- Penggunaan listrik menyesuaikan kebutuhan dalam pengelasan objek yang dapat diatur.
- Pada saat ini banyak mesin las yang menggunakan teknologi inverter yang dapat menghemat listrik.
- Selain listrik PLN, mesin las ini juga dapat digunakan dengan sumber listrik genset.

Kekurangan :

- Dengan menggunakan listrik, berarti kita harus menyiapkan biaya listrik yang akan digunakan , baik itu bersumber dari listrik PLN maupun genset.
- Untuk mesin las tertentu membutuhkan skill pengelasan yang khusus.
- Kabel listrik yang diberikan dalam paket mesin las biasanya pendek, sehingga pekerjaan pengelasan harus dekat dengan sumber listrik.

## **Jenis Material SA 333 Grade 9**

Pada dasarnya pemilihan material yang menggunakan logam (metal) sudah mulai diterapkan secara umum ke masyarakat sejak tahun 1950-an berdasarkan standart API code 5L tentang pemilihan bahan/material pipa. Setiap type material juga mempunyai karakteristiknya masing-masing seperti zat dan material penyusun lainnya, spesifikasi material baja yang di gunakan tergantung pada komposisi kimiawi, kekuatan material, dan toleransi pada pipa dalam industry dan manufaktur.

Pada las busur listrik terdapat proses kerja pengelasan yang dimana proses kerjanya menggunakan panas untuk mencairkan suatu material dasar atau logam induk dan elektroda ( bahan pengisi ) panas yang di hasilkan juga terdapat pada lompatan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000 derajat C sampai 4500 derajat C. sumber tegangan yang di gunakan pada pengelasan SMAW ini ada dua macam yaitu AC ( Arus bolak balik ) dan DC ( Arus searah ) yang terjadi antara katoda dan anoda ( ujung elektroda dan permukaan plat yang akan di las ). adapun tegangan listrik yang digunakan pada mesin las (tegangan pada ujung terminal) yaitu berkisar 85 volt. Tegangan ini disebut sebagai tegangan pembakaran. Bila nyala busur listrik sudah terjadi maka tegangan turun menjadi 40 volt sampai 20 volt. Besar kecilnya tegangan kerja tergantung dari besar kecilnya diameter elektroda.

Adapun material yang di gunakan dalam dunia migasi, industry, dan manufaktur terdiri dari jenis material:

### **jenis-jenis Pengelasan**

- Pengelasan Tekan.
- Pengelasan Cair.
- Pematrian.
- **Kampuh Las**

Kampuh las adalah yang menjadi dari logam utamma yang akan diisi oleh logam las, kampuh las

awalnya adalah berupa kubangan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien atau simple. Sambungan ini juga dibagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.

### **Sambungan**

Hal yang dimaksud dengan Sambungan las adalah sambungan antara dua logam dengan cara pemanasan, dengan atau tanpa logam pengisi. adapun pengertian dari masing masing jenis sambungan las yaitu:

- Butt joint
- T ( Fillet ) Joint
- Lap joint
- Edge Joint

## **3. METODE PENELITIAN**

Proses pengelasan benda

- Mempersiapkan mesin las.
- Mempersiapkan benda kerja yang akan di las.
- Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan miring.
- Kampuh yang di gunakan jenis kampuh V, Sudut  $60^\circ$ , dengan lebar 3mm.
- Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan pipa, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7018 Dengan diameter elektroda 3.2 mm
- Menyetel Amper meter yang di gunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepit pada kabel yang di gunakan untuk menjepit kawat elektroda. Mesin las dihidupkan dan kawat elektroda di goreskan sampai menyala, ampermeter diatur pada angka 90 A. selanjutnya mulai dilakukan

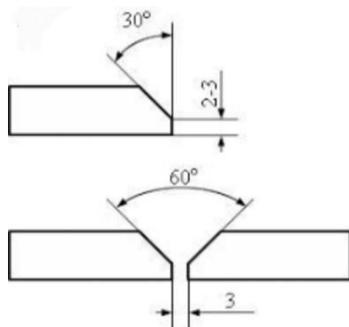
pengelasan untuk specimen secara bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan yang terbaca pada stopwatch.

### Spesimen Uji

Pipa Baja SA 333 yang telah dilas kemudian dipotong menggunakan gerinda hingga berbentuk persegi panjang. Tujuan dari pemotongan adalah agar mudah saat pembentukan spesimen uji pada mesin milling. Hasil dari pemotongan tadi kemudian diukur dan dilakukan pembubutan sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan untuk pengujian. Jumlah sample dalam penelitian ini adalah harus mempersiapkan benda uji yang ingin di uji.

### Pembuatan kampuh V

Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan mesin frais .spesimen yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran 30 Cm. setelah bahan dipotong kemudian permukaan di gambar dengan spidol atau penggores, tepi permukaan di ukur sedalam 2;3 Mm dan di ukur dengan sudut 60° . setelah di gambar, bahan di cekan dan dilakukan pengefraisan dengan sudut 60°.



Gambar 3.14 Pembuatan kampuh V

### • Proses Pengelasan benda

Langkah-Langkah Yang Dilakukan dalam Proses Pengelasan.

1. Mempersiapkan mesin las SMAW DC Sesuai dengan pemasangan

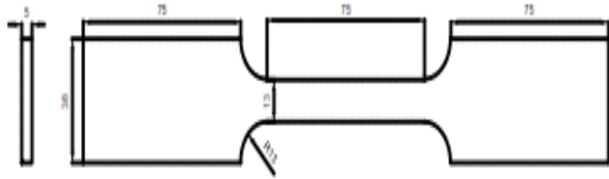
2. polaritas terbaik
2. Mempersiapkan benda atau Specimen Yang Akan Di Las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendataratau bawah tangan.
4. Kampuh Yang Di Gunakanjeniskampuh V Dengan sudut 60°. Dengan lebar celah 2-3 Mm.
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat. Penelitian menggunakan elektroda E 7018 dengan diameter 2.3 Mm.
6. Menyetel ampere yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol. Kemudian salah satu penjepit nya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda di goreskan sampai menyala. Ampere di atur pada angka 90 A. kemudian mulai mengelas specimen dengan arus 90 A. bersamaan dengan hal ini dilakukan pencatatan waktu pengelasan.

### • Uji Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanis. terhadap tarikan pada material pada saat pengujian. Setelah penelitian ini uji tarik dilakukan dilaboratorium, dimana dari hasil pengelasan pipa baja SA333 di bentuk specimen uji tarik sesuai standart ASME.



Sumber: kampus Institut Teknologi Medan  
Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik



Gambar 3.16 Spesimen Sebelum Pengujian

Spesifikasi Ukuran Spesimen:

- Panjang Keseluruhan 225 mm/22,5cm
- Lebar keseluruhan 30 mm/3cm
- Tebal spesimen 5 mm
- Ukuran Siku R25



Gambar 3.17 Mesin Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur pada bahan spesimen terhadap beban tarik. Pada penelitian menggunakan standart ASME IX dimana untuk kekuatan lentur uji tarik diambil dari sampel SA 333 Grade 9 selanjutnya menjadi spesimen untuk uji tarik standart ASME IX sampel spesimen uji tarik dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Adapun prosedur yang dilakukan dalam pengujian Tarik ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen uji tarik
2. Spesimen diletakan di bagian penjepit yang ada di alat uji tarik
3. Posisikan jarum pengukur berat pada angka 0
4. Kemudian tekan tombol start pada mesin uji Tarik

5. Setelah itu tunggu sampai tekanan benar – benar maksimal
6. Tuliskan maksimal yang di tunjukan pada jarum
7. Kemudian masukan data-data kerumus *three point tarik*
8. Ulangi langkah – langkah yang tadi sampai semua spesimen selesai di uji

### Analisa Data

Teknik analisa data pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik sambungan las SMAW dengan elektroda E7018 berupa perbandingan presentase dan rata-rata antara data-data yang mengalami variasi arus pengelasan. Untuk tahap-tahap analisa data dilakukan sebagai berikut:

- Tahap I : Pembuatan Spesimen Uji untuk sambungan las dan selanjutnya dilakukan proses pengelasan menggunakan tegangan arus 90 ampere.
- Tahap II : Selanjutnya pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian hasil sambungan las dengan melakukan pengujian material dengan uji struktur mikro, ketangguhan HAZ dan pengujian tarik pada sambungan las.
- Tahap III : setelah pengujian dilakukan maka dilakukan pengolahan data hasil uji yang dibuat di dalam bentuk skema grafik ataupun table agar dapat mudah dipahami dan disimpulkan.

Demikian lah tahapan dalam proses pengelasan yang dilakukan, dimana akan mempermudah pada saat proses penelitian dan lebih sistematis

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Data Pengelasan

- Material :SA333 grade 9
- Bentuk :Pipa 8”Sch 80
- Dimensi Material :Panjang 225mm/22,5cm, Tebal 8mm
- Lebar Keseluruhan :30mm/3cm
- Tepi Permukaan :2-3mm
- Desain Sambungan :Single “V” groove
- Proses Las :SMAW
- Logam Pengisi :E7018
- Diameter Elektroda :3.2mm

##### Hasil nilai Pengujian raw material dan daerah las

Setelah dilakukan nya penelitian dan pengujian tarik dan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada material. Hasil dari pengujian yaitu menggunakan uji tarik dan menggunakan arus pada pengelasan dan elektroda yg digunakan jenis E7018.



Gambar 4.1. Hasil Pengujian Tarik Pada Spesimen

Dari gambar diatas dapat di simpulkan bahwa terjadinya perpatahan di akibatkan adanya pengujian pada plat baja yang dimana pengujian tersebut di lakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik manual. Awal mula terjadinya perpatahan di berikan tekanan sebesar 1000 kg/mm<sup>2</sup> pada saat itu mulailah terjadinya perenggangan terhadap spesimen yang di uji, pada titik selanjutnya terjadinya kerusakan pada spesimen yang di uji dengan tekanan 4500 kg/mm<sup>2</sup>, setelah melewati batas maksimum yaitu 6450 kg/mm<sup>2</sup> maka dari plat tersebut terjadilah perpatahan yang dimana ternyata perpatahan tersebut tidak terjadi pada las yang di uji dimana patahan tersebut patah pada plat yang di lakukan pengelasan yaitu

di pangkal pembentukan pada pengujian tersebut.

##### Analisa Perhitungan Plat Pipa Baja SA333 GRADE 9

##### Spesimen 1

-Mencari nilai luas penampang awal

$$-A_0 = b_0 \cdot L_0$$

-A<sub>0</sub> = Luas Penampang Awal

-b<sub>0</sub> = Tebal Spesimen Awal

-L<sub>0</sub> = Lebar Spesimen Awal

$$-b_0 = 8 \text{ mm}$$

$$-L_0 = 13 \text{ mm}$$

$$-L_1 = 75 \text{ mm}$$

-Hasil yang di dapat:

$$A_0 = b_0 \cdot L_0$$

$$= 8 \cdot 13$$

$$= 104 \text{ mm}$$

-Mencari nilai luas penampang akhir

$$A_0 = b_0 \cdot L_0$$

$$A_1 = b_1 \cdot L_1$$

$$\sigma_S = \frac{F_S}{A_0} = \frac{4,820}{104} = 46,34 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Elastis

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{A_0} = \frac{6450}{104} = 62,01 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Maksimal

$$\sigma_F = \frac{FF}{A_0} = \frac{4900}{104} = 47,11 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Patah

$$\% \epsilon = \frac{L^1 - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{75 - 13}{13} \times 100\% =$$

4,769 Mpa Pertambahan Panjang

$$\% \phi = \frac{A_1 - A_0}{L_0} \times 100\% = \frac{765 - 104}{13} \times 100\% =$$

50,84 Mpa Penyusutan Bahan

##### Spesimen 2

Mencari nilai luas penampang awal

$$-A_0 = b_0 \cdot L_0$$

-A<sub>0</sub> = Luas Penampang Awal

-b<sub>0</sub> = Tebal Spesimen Awal

-L<sub>0</sub> = Lebar Spesimen Awal

$$-b_0 = 8 \text{ mm}$$

$$-L_0 = 13 \text{ mm}$$

$$-L_1 = 80 \text{ mm}$$

Hasil yang di dapat:

$$A_0 = b_0 \cdot L_0$$

$$= 8 \cdot 13$$

$$= 104 \text{ mm}$$

Mencari nilai luas penampang akhir

$$A_0 = b_0 \cdot L_0$$

$$A_1 = b_1 \cdot L_1$$

$$\sigma_S = \frac{F_s}{A_0} = \frac{4500}{104} = 43,26 \text{ Kg/mm}^2 \text{ Tegangan Elastis}$$

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{A_0} = \frac{6300}{104} = 60,57 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Maksimal

$$\sigma_F = \frac{FF}{A_0} = \frac{4530}{104} = 43,55 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan Patah

$$\% \epsilon = \frac{L^1 - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{80 - 13}{13} \times 100\% =$$

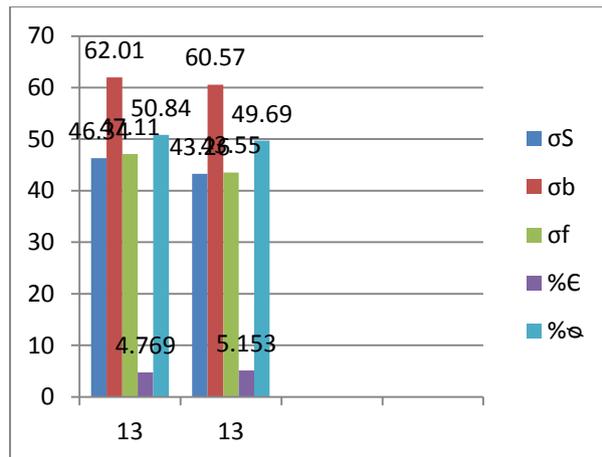
5.153 Mpa Pertambahan Panjang

$$\% \phi =$$

$$\frac{A_1 - A_0}{L_0} \times 100\% = \frac{750 - 104}{13} \times 100\% =$$

49,69 Mpa Penyusutan Bahan

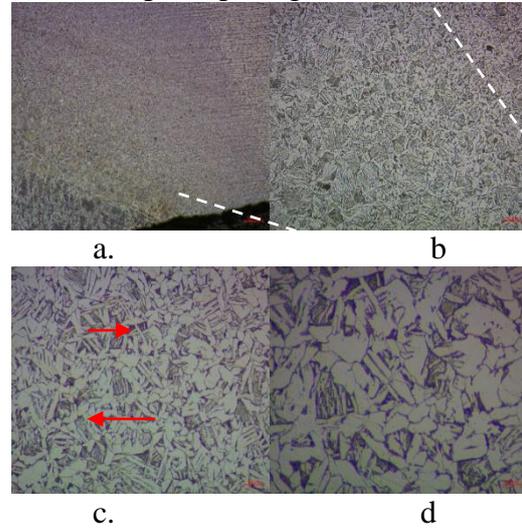
### Analisa Grafik Plat Pipa Baja SA333 GRADE 9



Pada Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa awal kekerasan uji tarik pada baja mengalami suatu kenaikan nilai regangan pada spesimen. Pada kekuatan awal uji tarik pada baja juga mengalami suatu kenaikan dimana sebuah specimen mengalami kerenggangan yang di akibatkan adanya suatu penarikan pada specimen dan pada akhir kekuatan uji tarik pada baja mengalami penurunan dimana specimen tersebut mulai memanjang dan akhir tegangan.

### Hasil Uji Kekerasan Struktur Mikro Hasil Gambar Pengujian Kekerasan Haz Kasar

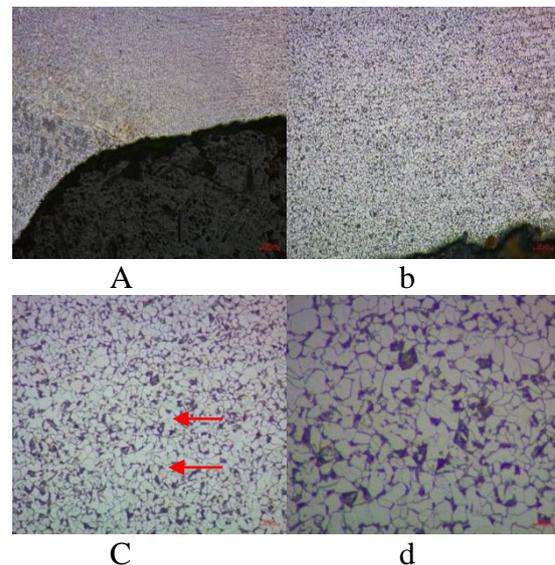
Setelah dilakukannya penelitian dan pengujian maka didapatkan hasil pengujian kekerasan struktur mikro dapat kita lihat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1. Hasil Pengujian Kekerasan Haz Kasar

### Hasil Gambar Pengujian Kekerasan Haz Halus

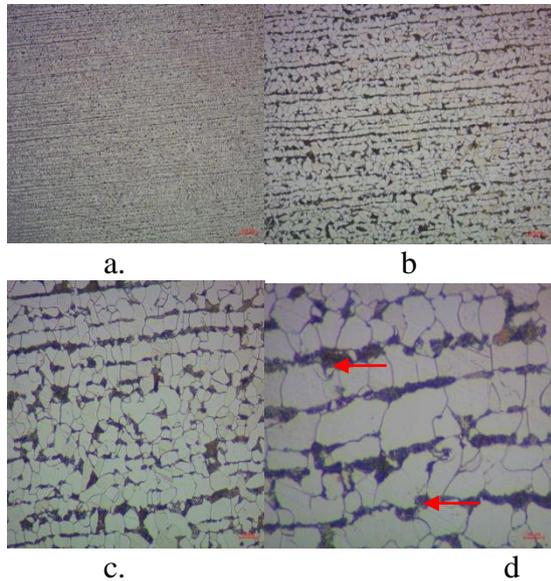
Hasil dari pengujian Kekerasan Haz Halus pada daerah las dan raw material dapat kita lihat seperti pada Gambar dibawahini



Gambar 4.2. Hasil Pengujian Kekerasan Haz Halus.

### Hasil Gambar Pengujian Kekerasan Base Metal

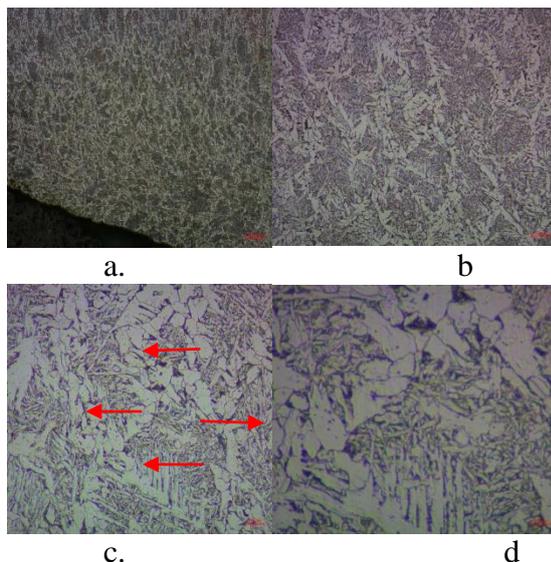
Hasil dari pengujian Kekerasan Base Metal pada daerah las dan raw material dapat kita lihat seperti pada Gambar dibawah ini:



Gambar 4.3. Hasil Pengujian Kekerasan Base Metal

#### Hasil Gambar Pengujian Kekerasan Top Bed

Hasil dari pengujian kekerasan Top Bed pada daerah las dan raw material dapat kita lihat seperti pada Gambar dibawah ini:



Gambar 4.4. Hasil Pengujian Kekerasan Top Bad

## 5. SIMPULAN

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada Raw Material untuk baja karbon SA 333 grade 9 mempunyai nilai kekuatan tarik lebih tinggi yaitu nilai maksimal sebesar 6450 dan tegangan patah 4900 MPa dan Hasil dari kekerasan ,adanya perbedaan nilai kekerasan pada base metal, daerah Haz dan daerah weld metal.pada daerah weld metal mempunyai nilai kekerasan yang tertinggi yaitu sebesar 4530 HVN dibandingkan dari base metal dan Haz.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Bintoro, G.A. 1999. Dasar-Dasar Pekerjaan Las. Jilid 1. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Daryanto.(2012). Teknik Las. Bandung: Alfabeta.
- Gafur., 2006, Material Baja Kabon, Jurnal Teknologi.
- Groover, Mukell P. 1996. Fundamental of Modern Manufacturing, Material, Proses And System. Penerbit Prence-Hall Inc.USA.
- Huda, S., Waluyo, J., dan Fintoro, T.,2013, Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Distoris Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan Butt-Join Baja AISI 4140, Jurnal Teknologi, Volume 6 Nomor 2.
- Ir. Suharto., agustus, 1991, Teknologi Pengelasan Logam, PT. Rineka Cipta, XIII + 142 Halaman, Jakarta.
- Juniarto, D. F. Basuki, M. dan putra A.W., 2017, Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Ketangguhan Sambungan Baja A36 Pada pengelasan SMAW,

Seminar Nasional Kelautan XXI,  
Fakultas Teknik dan Ilmu  
Universitas Hang Tuah, Surabaya.

Mizhar, S, 2007, pengaruh mangan (Mn) terhadap ketangguhan dan creep stress Ruptur pada sambungan las SMAW pipa baja 15Mo3 Header boiler, tesis prod Teknik Mesin S2 UGM, Yogyakarta.

Soeweifty, M., 2012, Analisa Pengaruh Variasi Tanggem Pada Pengelasan Pipa Carbon Steel Dengan Metode Pengelasan SMAW dan FCAW Terhadap Deformasi dan Tegangan.

Wirjosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.

Widharto, sri. 2013 Salah Satu Cara Untuk Menyambung Benda Padat Dengan Cara Mencairkannya Melalui Pemanasan. Jakarta: Pradnya Paramita.

wirjosumarto, H., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT . Pradya Paramita, Jakarta.

wirjosumarto, H, dan T. Okumura. 2000. Spesifikasi Elektroda terbungkus dan baja lunak. Jakarta: PT. Pradya Paramita.