

## PENGARUH *POST WELD HEAT TREATMENT* TERHADAP PENGELASAN SMAW PADA MATERIAL AISI 1045 TERHADAP LAJU KOROSI DI AIR LAUT

\*Nurul Widiyanto<sup>1</sup>, Agus Suprihanto<sup>2</sup>, Gunawan Dwi Haryadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [widiyantonorul@gmail.com](mailto:widiyantonorul@gmail.com)

### Abstrak

Indonesia dengan luas wilayah yang didominasi oleh lautan, tentu diperlukannya sarana dan prasarana yang memadai untuk menunjang aktivitas masyarakat. Salah satu material yang banyak digunakan untuk konstruksi tersebut adalah baja AISI 1045. Luasnya penggunaan pengelasan karena biayanya lebih terjangkau dan pelaksanaannya yang relatif lebih cepat. Namun dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima siklus pemanasan setempat dan selama proses berjalan, suhunya berubah, sehingga distribusi suhu tidak merata. Tegangan sisa akibat pengelasan akan mengurangi umur pakai material karena akan memicu atau mempercepat timbulnya korosi. Tujuan penelitian ini dilakukan, untuk mengetahui laju korosi dan nilai kekerasan pada material uji tanpa *post weld heat treatment* dengan spesimen uji lainnya yang diberikan variasi suhu *post weld heat treatment* 400°, 500°, 600° dengan *holding time* masing-masing 1, 2, dan 4 jam. Metode yang digunakan dalam pengujian laju korosi adalah elektrokimia, sesuai standar ASTM G102-89, 2015 dan metode kekerasan vickers sesuai standar ASTM E92. Dari hasil penelitian spesimen uji non *post weld heat treatment* memiliki nilai laju korosi yang paling tinggi yaitu 0,3040 mmpy; 0,3098 mmpy; dan 0,3066 mmpy. Sedangkan spesimen uji dengan *post weld heat treatment* variasi suhu 600° dan *holding time* 4 jam memiliki nilai laju korosi paling rendah yaitu adalah 0,1292 mmpy; 0,1256 mmpy; dan 0,1278 mmpy. Nilai rata-rata kekerasan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* yang paling tinggi yaitu pada variasi non *post weld heat treatment* dengan nilai kekerasan berurutan sebesar 228 HV, 391 HV, dan 333 HV. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu pada variasi *post weld heat treatment* 600° dan *holding time* 4 jam, dengan nilai rata-rata kekerasan berurutan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* yaitu 155 HV, 239 HV, dan 217 HV.

**Kata Kunci:** aisi 1045; kekerasan vickers; laju korosi; pengelasan; *post weld heat treatment*

### Abstract

Indonesia with an area dominated by oceans, of course, requires adequate facilities and infrastructure to support community activities. One material that is widely used for construction is AISI 1045 steel. The widespread use of welding is due to its more affordable cost and relatively faster implementation. However, in the welding process, the welded parts receive a local heating cycle and during the process, the temperature changes, resulting in uneven temperature distribution. Residual stress due to welding will reduce the service life of the material because it will trigger or accelerate the onset of corrosion. The purpose of this research is to determine the corrosion rate and hardness value of the test material without *post weld heat treatment* with other test specimens given *post weld heat treatment* temperature variations of 400°, 500°, 600° with *holding times* of 1, 2, and 4 hours respectively. The method used in testing the corrosion rate is electrochemical, according to ASTM G102-89, 2015 and vickers hardness method according to ASTM E92 standard. From the research results, the non *post weld heat treatment* test specimens have the highest corrosion rate values of 0.3040 mmpy; 0.3098 mmpy; and 0.3066 mmpy. While the test specimens with *post weld heat treatment* temperature variation of 600° and *holding time* of 4 hours have the lowest corrosion rate values which are 0.1292 mmpy; 0.1256 mmpy; and 0.1278 mmpy. The highest average value of hardness in the *weld metal*, HAZ, and *base metal* areas is in the non-*post weld heat treatment* variation with a hardness value of 228 HV, 391 HV, and 333 HV respectively. While the lowest hardness value is in the variation of *post weld heat treatment* 600 ° and *holding time* 4 hours, with the average value of hardness sequentially in the *weld metal*, HAZ, and *base metal* areas are 155 HV, 239 HV, and 217 HV.

**Keywords:** aisi 1045; corrosion rate; hardness vickers; *post weld heat treatment*; welding

### 1. Pendahuluan

Indonesia dengan luas wilayah yang didominasi oleh lautan, tentu memerlukan sarana dan prasarana yang memadai untuk menunjang aktivitas masyarakat. Kebutuhan material yang digunakan dalam pembangunan sarana dan prasarana seperti tiang pancang pipa baja untuk konstruksi di laut, breakwater dan *seawall*, hingga peralatan industri yang berada dilepas pantai, serta sarana seperti kapal laut tentu akan berkontak langsung dengan air laut yang memiliki sifat korosif. Salah satu material yang banyak digunakan untuk konstruksi seperti diatas adalah baja AISI 1045.

Baja karbon sedang memiliki konsentrasi karbon antara sekitar 0,25% dan 0,60% [2]. Berdasarkan kandungan karbon dan karakteristik yang dimiliki, baja AISI 1045 memiliki potensi yang cukup besar untuk menjadi material baku pada pembangunan sarana dan prasarana di Indonesia.

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang banyak digunakan dalam pembangunan sarana dan prasarana. Luasnya penggunaan pengelasan karena biayanya lebih terjangkau dan pelaksanaannya yang relatif lebih cepat. Dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima siklus pemanasan setempat dan selama proses berjalan, suhunya berubah, sehingga distribusi suhu tidak merata. Karena panas tersebut, maka pada daerah pengaruh panas (*heat affecting zone*) akan terjadi peregangan termal yang menyebabkan kontraksi termal, tegangan sisa, dan distorsi pada produk hasil pengelasan [3].

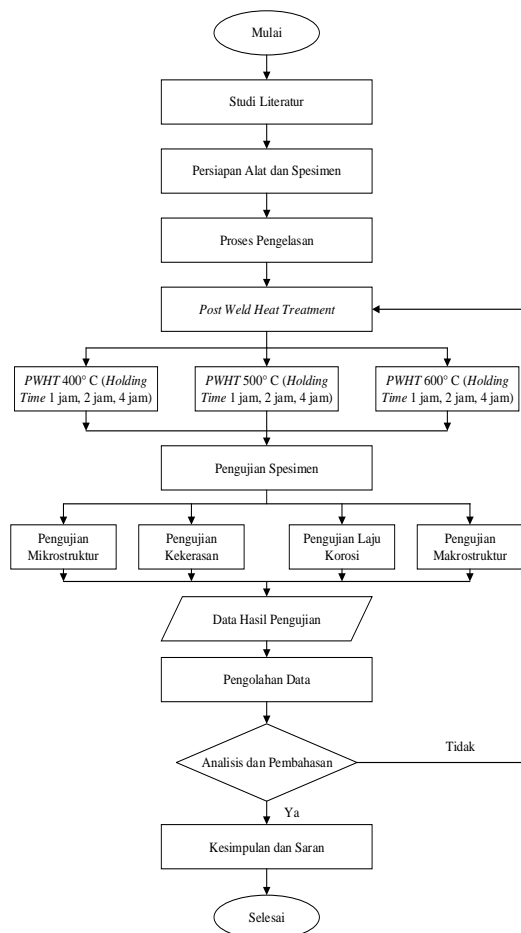
*Post weld heat treatment (PWHT)* adalah suatu proses untuk menghilangkan tegangan sisa akibat panas yang dihasilkan pada saat pengelasan dengan cara memanaskan kembali material di bawah suhu kritis dan ditahan beberapa waktu kemudian didinginkan dengan pendinginan lambat [1]

Korosi merupakan suatu fenomena yang menunjukkan berkurangnya kualitas logam yang dikarenakan adanya reaksi elektrokimia yang terjadi antara logam dengan lingkungannya. Cepat lambatnya suatu material untuk mengalami proses korosi disebut laju korosi. Nilai laju korosi suatu logam dengan lingkungan netral dengan kisaran laju korosi pada 1 mpy atau 0,0254 mmpy. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai laju korosi suatu material yaitu komposisi kimia material, temperature, pH elektrolit, dan pengaruh perlakuan panas [5].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan spesimen uji tanpa *post weld heat treatment* dengan spesimen uji lainnya yang diberikan variasi suhu *post weld heat treatment* pada material baja AISI 1045. Sehingga nantinya akan didapatkan spesimen uji terbaik berdasarkan nilai kekerasan dan dalam menghambat terjadinya fenomena korosi.

## 2.1 Metode Penelitian

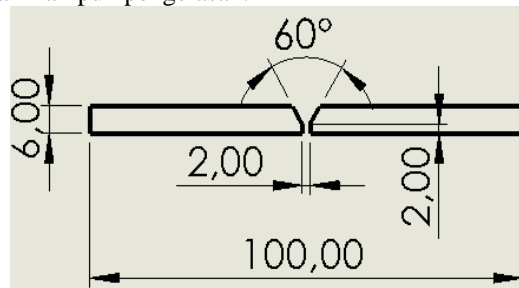
Dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan empat jenis pengujian yaitu mikrostruktur, kekerasan, laju korosi dan makrostruktur. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

## 2.2 Proses Pengelasan

Material yang digunakan adalah baja karbon AISI 1045 dengan dimensi panjang = 100mm, lebar 20 mm, tebal 6 mm dan sejumlah 6 spesimen. Pengelasan ini bertujuan untuk menggabungkan dua buah pelat baja AISI 1045 hingga membentuk sebuah spesimen yang nantinya akan dihasilkan sambungan las guna diujikan pada langkah pengerjaan berikutnya. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW pada spesimen yang sudah dibuat kampuh sebelumnya. Dengan posisi pengelasan 1G dan besar arus 110 A, kemudian menggunakan elektroda AWS A5.1: E 6013 (RD 260 diameter 3,2 mm). Berikut merupakan gambar dari kampuh pengelasan.



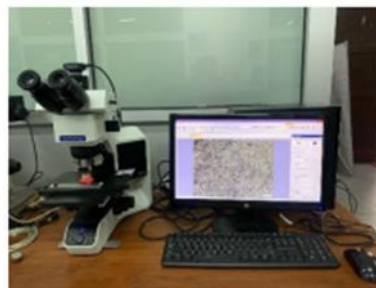
Gambar 2. Kampuh Pengelasan

## 2.3 Proses Post Weld Heat Treatment

Perlakuan panas berupa *post weld heat treatment* dengan menggunakan *furnace* pada temperatur 400°C, 500°C, 600°C. Metode pengerjaannya adalah dengan memasukkan spesimen ke dalam *furnace* dan men-set *furnace* pada temperatur PWHT 400°C, 500°C, 600°C. Lalu setelah mencapai temperatur tersebut dilakukan *holding* selama 1 jam, 2 jam, dan 4 jam, kemudian spesimen di keluarkan dari *furnace* dan didinginkan di lingkungan sampai temperatur kamar.

## 2.4 Pengujian Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui struktur mikro pada masing – masing spesimen yang telah dilakukan variasi perlakuan panas *post weld heat treatment*. Pada spesimen las metalografi yang diamati adalah pada *base metal*, daerah HAZ, dan *weld metal* nya sesuai dengan standart ASTM – E3. Dalam proses pengujian mikrostruktur ada beberapa tahapan yaitu proses *grinding* dengan menggunakan amplas 120 hingga 2000 *grid* dan proses *polishing* dengan menggunakan kain bludru dan autosol, kemudian *etching* atau proses etsa menggunakan larutan picral. Setelah itu foto mikrostruktur spesimen dengan mikroskop metallurgy.



Gambar 3. Mikroskop Metallurgy

## 2.5 Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan dengan menggunakan metode vickers sesuai dengan ASTM E92 untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan akibat pengaruh variasi suhu PWHT pada area *base metal*, area HAZ, dan *weld metal*. Pengujiannya dengan meletakkan material uji pada meja kerja, menekan indenter pada masing-masing lokasi yang diinginkan pada masing-masing spesimen dengan beban 1000 gf dan *dwell time* 15 detik.

## 2.6 Pengujian Laju Korosi

Peralatan potensiostat dapat digunakan untuk pengujian laju korosi menggunakan metode elektrokimia. Potensiostat digunakan sebagai perangkat elektronik untuk mengatur perbedaan potensial antara elektroda kerja dan elektroda referensi. Adapun platform potensiostat yang digunakan dalam pengujian yakni CortTest CS Type CS300. Sebelum dilakukan proses pengujian laju korosi, spesimen uji dengan jumlah 10 dilakukan preparasi yaitu proses *soldering* dan *mounting*. Berikut merupakan gambar dari spesimen laju korosi.



**Gambar 4.** Spesimen Laju Korosi

### 2.7 Pengujian Makrostruktur

Pada pengujian makrografi digunakan mikroskop metallurgy dengan perbesaran 200x. Untuk pengujian makrografi dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan pengujian laju korosi untuk melihat produk korosi yang terbentuk.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengelasan SMAW terbentuk tiga spesimen baja AISI 1045 dengan masing-masing *heat input* yang relatif tidak terpaut jauh nilainya. Elektroda yang digunakan adalah tipe E 6013 dengan diameter 3.2 mm. Pada spesimen pertama dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 110 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 47 detik, didapat *heat input* sebesar 54 kJ/mm. Pada spesimen kedua dan ketiga dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 110 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 52 detik, didapat *heat input* sebesar 49 kJ/mm. Kemudian dibentuk menjadi spesimen uji yang berjumlah 20 spesimen dengan 10 spesimen untuk pengujian mikrografi dan kekerasan dan 10 spesimen untuk pengujian laju korosi.


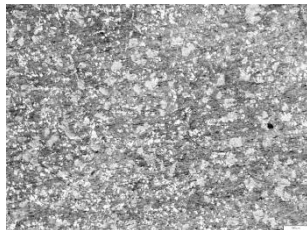
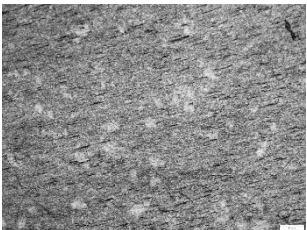


**Gambar 5.** Hasil Pengelasan


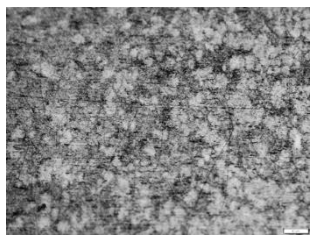
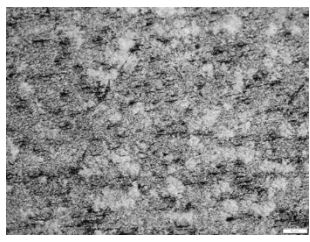
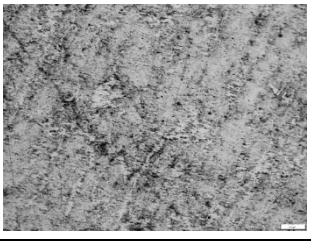
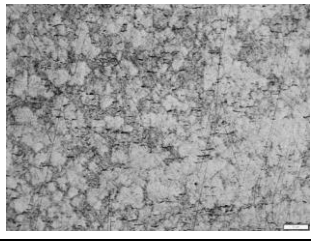
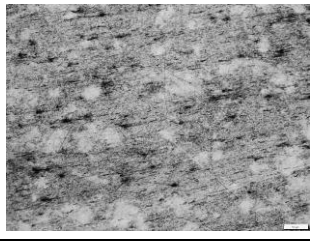
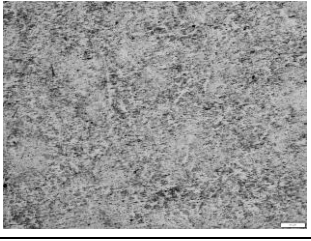
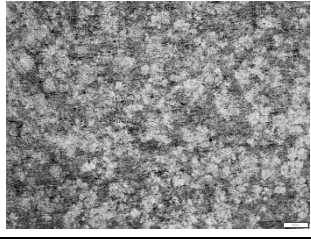
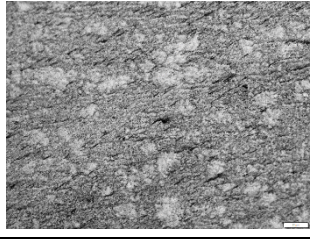
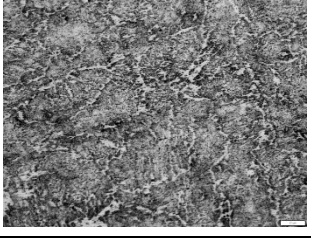
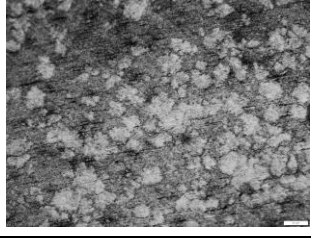
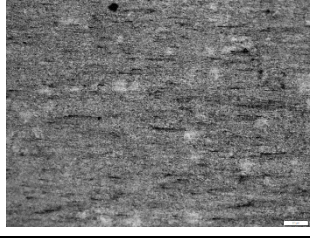
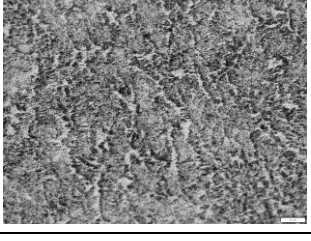
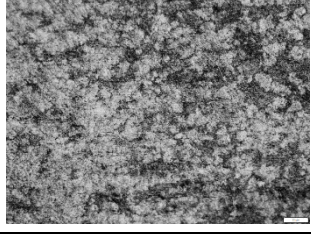
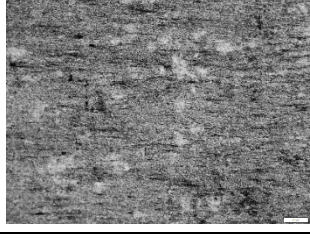
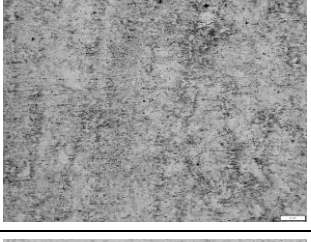

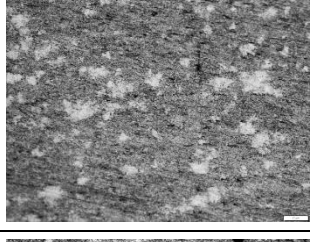


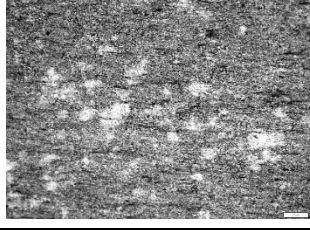
### 3.1 Hasil Penelitian

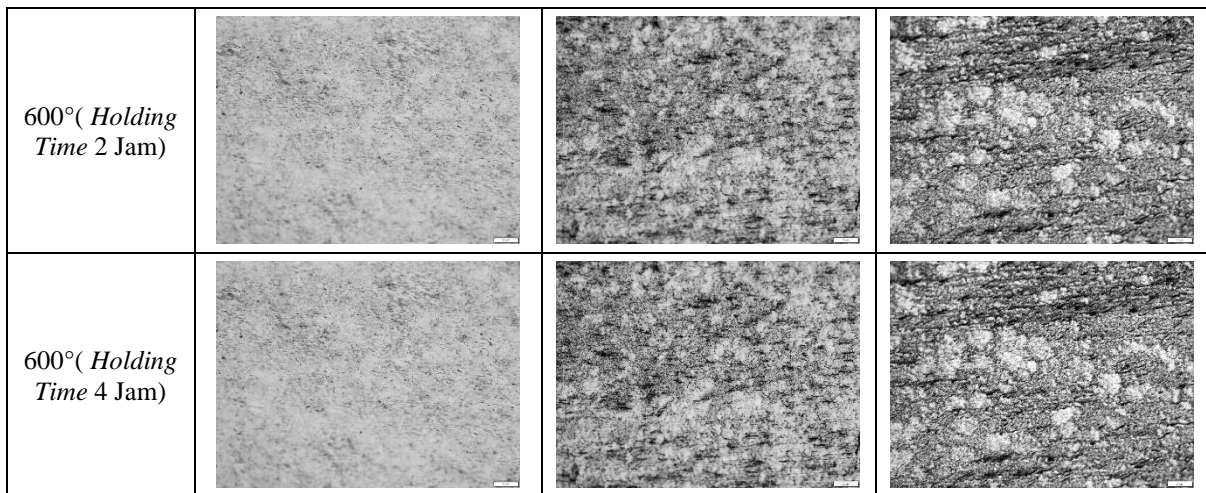
Uji Mikrografi dilakukan di laboratorium material Teknik Mesin Undip. Pengambilan foto dilakukan sebanyak tiga lokasi meliputi logam induk (*base metal*), HAZ, dan logam las (*weld metal*). Foto mikro dilakukan perbesaran sebesar 200x yang disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Mikrografi pada Spesimen Uji Non *Post Weld Heat Treatment* dan Variasi *Post Weld Heat Treatment*

Variasi	Area Weld Metal	Area HAZ	Area Base Metal
Non PWHT			

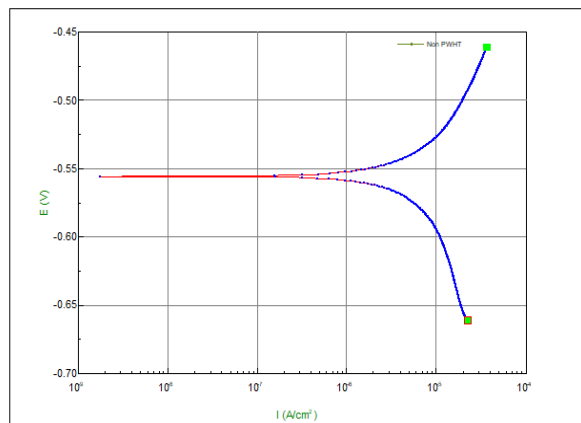


400°(Holding Time 1 Jam)			
400°( Holding Time 2 Jam)			
400°( Holding Time 4 Jam)			
500°( Holding Time 1 Jam)			
500°( Holding Time 2 Jam)			
500°( Holding Time 4 Jam)			
600°( Holding Time 1 Jam)			

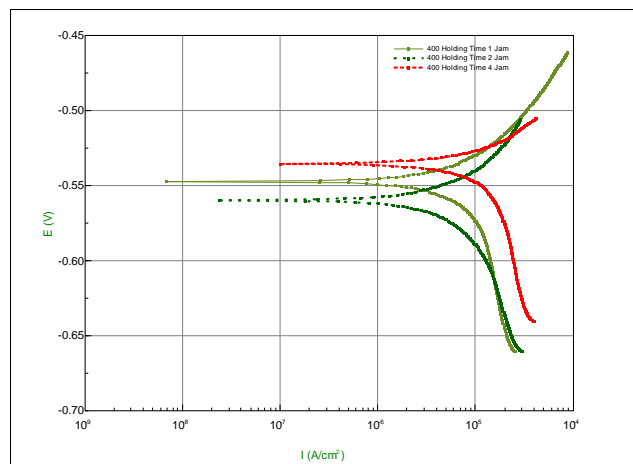


Pada hasil pengujian mikrografi sesuai ASTM E3 didapatkan bahwa struktur mikro yang dihasilkan pada spesimen uji terdiri dari fasa *pearlite* yang secara visual berwarna hitam dan fasa *ferrite* yang secara visual berwarna putih. Dimana tidak terjadi perubahan fasa akibat dilakukannya *post weld heat treatment* dengan variasi suhu 400°, 500°, dan 600° dengan *holding time* masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 4 jam.

Pengujian laju korosi dilakukan dengan menggunakan standar ASTM G102-89 (2015) *standard practice for calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements* dan ASTM G59-97 (2009) *standard test method for conduction potentiodynamic polarization resistance measurements*, dengan hasil pengujian dijelaskan dibawah ini.

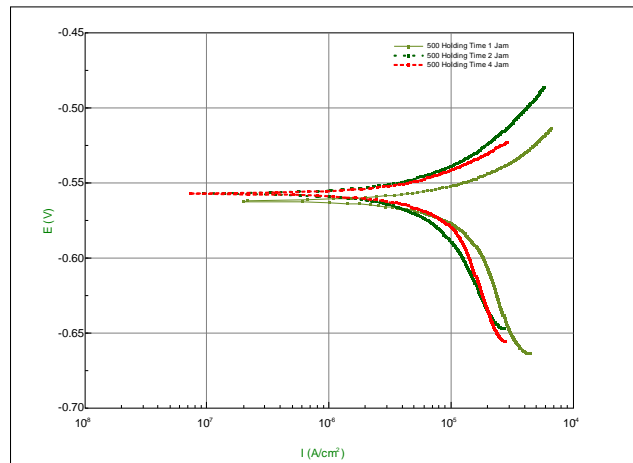


**Gambar 6.** Grafik Potensial vs Kerapatan Arus pada Spesimen Uji Non *Post Weld Heat Treatment*

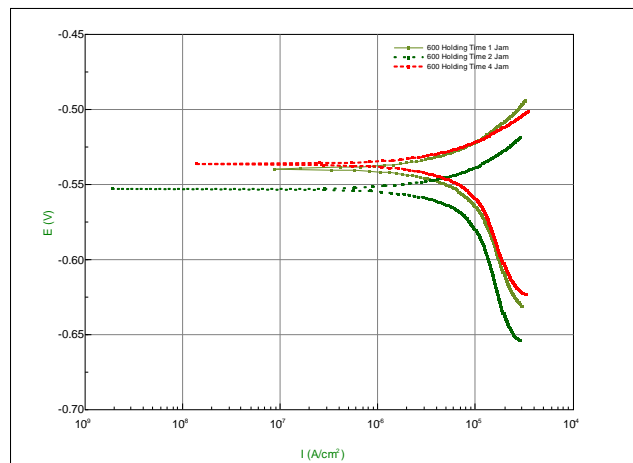


**Gambar 7.** Grafik Potensial vs Kerapatan Arus pada Spesimen Uji *Post Weld Heat Treatment* Variasi Suhu 400°





**Gambar 8.** Grafik Potensial vs Kerapatan Arus pada Spesimen Uji *Post Weld Heat Treatment* Variasi Suhu 500°



**Gambar 9.** Grafik Potensial vs Kerapatan Arus pada Spesimen Uji *Post Weld Heat Treatment* Variasi Suhu 600°

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Laju Korosi pada Spesimen Uji *Non Post Weld Heat Treatment* dan Variasi *Post Weld Heat Treatment*

Variasi	Laju Korosi (mm/a)	Potensial (mV)	Kerapatan Arus ( $\mu\text{a}/\text{cm}^2$ )
Non PWHT	0,3040	145,3600	2,7680
	0,3098	86,0590	2,8206
	0,3066	254,3900	2,6330
400° ( <i>Holding Time</i> 1 Jam)	0,2796	114,7200	2,5454
	0,2744	153,7600	2,4981
	0,2769	123,7500	2,3782
400° ( <i>Holding Time</i> 2 Jam)	0,2616	99,7480	2,3822
	0,2621	152,1800	2,3869
	0,2653	174,4000	2,2789
400° ( <i>Holding Time</i> 4 Jam)	0,2478	61,2940	2,2566
	0,2497	122,3200	2,2736
	0,2475	143,8300	2,1259

500° (Holding Time 1 Jam)	0,2572	64,2880	2,3423
	0,2542	76,3840	2,3145
	0,2537	119,9300	2,1793
500° (Holding Time 2 Jam)	0,2144	81,7850	1,8416
	0,2191	144,8100	1,8817
	0,2183	113,6800	1,8747
500° (Holding Time 4 Jam)	0,1985	95,5770	1,8075
	0,1948	82,8930	1,7789
	0,1929	83,9920	1,7562
600° (Holding Time 1 Jam)	0,2055	110,1600	1,8713
	0,2031	86,6060	1,8496
	0,2047	105,6800	1,8635
600° (Holding Time 2 Jam)	0,1421	66,8520	1,2934
	0,1456	62,4560	1,3260
	0,1427	65,8120	1,2993
600° (Holding Time 4 Jam)	0,1292	69,6960	1,1765
	0,1256	36,4050	1,1439
	0,1278	60,8040	1,1641

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap 10 material spesimen uji. Pengujian kekerasan dilakukan ditiga titik tiap daerah *base metal*, daerah *HAZ*, dan *weld metal* material spesimen uji, kemudian nilai dari tiga titik tersebut dirata-rata nilai kekerasannya. Metode yang digunakan untuk pengujian kekerasan adalah dengan metode vickers. Nilai kekerasan vickers disimbolkan dengan satuan HV (*Hardness Vickers*), dengan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3 berikut.


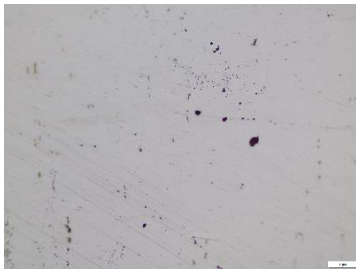

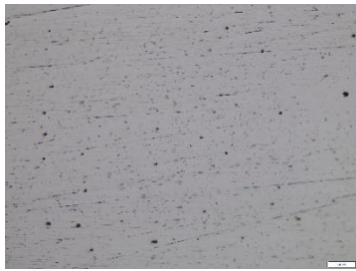
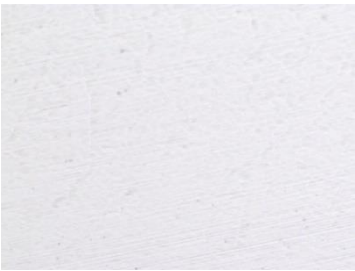







**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kekerasan






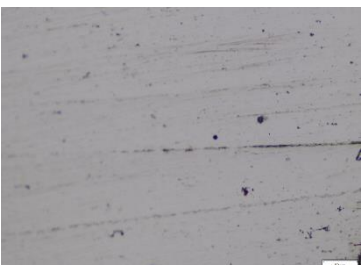


Variasi	Base Metal	HAZ	Weld Metal
Non PWHT	333	391	228
400° (Holding Time 1 Jam)	324	389	219
400° (Holding Time 2 Jam)	296	368	193
400° (Holding Time 4 Jam)	278	300	170
500° (Holding Time 1 Jam)	296	330	184
500° (Holding Time 2 Jam)	272	285	166
500° (Holding Time 4 Jam)	259	263	158
600° (Holding Time 1 Jam)	268	268	164
600° (Holding Time 2 Jam)	226	247	157
600° (Holding Time 4 Jam)	217	239	155

Setelah dilakukan pengujian laju korosi dilakukan pengujian makrografi, hal ini digunakan untuk mengamati produk korosi yang dihasilkan pada permukaan spesimen sebelum dan sesudah dilakukan pengujian laju korosi. Maksud dari pengujian ini adalah untuk melihat pengaruh proses pengkorosian dengan menggunakan metode elektrokimia pada masing-masing permukaan spesimen uji untuk dibandingkan sebelum dan sesudah dilakukan pengujian pengukuran laju korosinya. dengan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4 berikut.



**Tabel 4.** Hasil Pengujian Makrografi Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengujian Laju Korosi

Variasi	<i>Before Uji Korosi (Perbesaran 200x)</i>	<i>After Uji Korosi (Perbesaran 200x)</i>
Non PWHT		
400°(Holding Time 1 Jam)		
400°( Holding Time 2 Jam)		
400°( Holding Time 4 Jam)		
500°( Holding Time 1 Jam)		
500°( Holding Time 2 Jam)		

500° ( <i> Holding Time 4 Jam</i> )		
600° ( <i> Holding Time 1 Jam</i> )		
600° ( <i> Holding Time 2 Jam</i> )		
600° ( <i> Holding Time 4 Jam</i> )		

### 3.2 Pembahasan Penelitian

Pada hasil pengujian mikrografi sesuai ASTM E3 didapatkan bahwa struktur mikro yang dihasilkan pada spesimen uji terdiri dari fasa *pearlite* dan fasa *ferrite*. Dimana tidak terjadi perubahan fasa akibat dilakukannya *post weld heat treatment* dengan variasi suhu 400°, 500°, dan 600° dengan *holding time* masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 4 jam. Temperatur PWHT yang masih dibawah garis kritis A1 pada diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C, sehingga belum terjadi transformasi struktur fasa, namun terjadi pengasaran butir dan hilangnya orientasi butir pada *ferrite* dan *pearlite*. Dalam tahap ini, juga mengalami *spheroidizing* yaitu penggabungan fasa Fe<sub>3</sub>C membentuk partikel *sphere* diikuti proses pelunakan dan memperbaiki sifat *machinability* [9]. Pengaruh perlakuan PWHT pada material AISI 1045 yang menyatakan bahwa penambahan suhu PWHT dan penambahan waktu *holding time* akan terbentuk struktur mikro yang lebih homogen. Hasil tersebut selaras bahwa *stress relieving heat treatment* tidak menyebabkan perubahan signifikan pada struktur mikro baja karbon yang dilas, meskipun serupa struktur mikro di daerah HAZ dan *base metal* memiliki ukuran butir lebih besar di area HAZ karena efek pemanasan. Hasil ini disebabkan oleh rekristalisasi dan pertumbuhan butir pada spesimen yang diterima sebagai hasil dari perlakuan panas [8]

Berdasarkan data yang dihasilkan nilai laju korosi tertinggi terdapat pada variasi non *post weld heat treatment* yaitu dengan nilai 0,3068 mmpy, dan nilai laju korosi terendah terdapat pada variasi *post weld heat treatment* dengan variasi suhu 600° dan *holding time* 4 jam yaitu dengan nilai 0,1278 mmpy. Berarti jika makin kecil laju korosi maka baja memiliki resistensi yang tinggi terhadap korosi dan juga sebaliknya, apabila laju korosi makin besar maka ketahanan terhadap korosi makin rendah. Apabila dilihat dari struktur mikro yang dihasilkan yaitu terdiri dari fasa *ferrite* dan *pearlite*. Dimana fasa *pearlite* memiliki sifat yang keras serta dapat menjadikan ketahanan korosi (*corrosion resistance*) material menjadi menurun, berbanding terbalik dengan fasa *ferrite* (*eutectoid ferrite*) yang memiliki sifat ulet dan cenderung lebih tahan terhadap korosi. *Pearlite* sendiri memiliki susunan yaitu *cementite* (Fe<sub>3</sub>C) dan *ferrite*. Dimana

ketika kedua fasa tersebut terhubung pada elektrolit maka akan mengalami fenomena korosi micro-galvanik. *Cementite* ( $Fe_3C$ ) akan bertindak sebagai katoda, dan *ferrite* bertindak sebagai anoda. Karena efek micro-galvanik tersebut menyebabkan fasa *pearlite* mengalami lebih cepat terjadinya korosi. Sehingga apabila jumlah presentase fasa *pearlite* lebih banyak dibandingkan dengan fasa *ferrite* maka, laju korosi dari spesimen uji akan semakin cepat [10]. Nilai laju korosi juga berbanding lurus dengan tegangan sisa yang ada pada material. Tegangan sisa muncul akibat dari proses dalam pengelasan atau hasil pengaruh dari proses permesinan produksi sebelumnya, dimana efek dari adanya *post weld heat treatment* dapat menurunkan tegangan sisa [4].

Pengaruh PWHT pada material yang menyatakan bahwa penambahan temperatur PWHT dan penambahan waktu holding time nilai kekerasan akan menurun karena struktur mikro lebih homogen, semakin lama waktu *holding time* prosentase *ferrite* akan meningkat sedangkan prosentase *pearlite* akan menurun, ini menandakan semakin lama waktu *holding time* maka nilai kekerasan pada material juga akan menurun karena fasa *pearlite* lebih keras dari pada fasa *ferrite*. [6]. Penurunan nilai kekerasan setelah PWHT disebabkan logam yang mengalami *work hardening*, bila dipanaskan pada proses PWHT mengalami pengurangan energi regangan dan menyebabkan butir-butir baru yang bebas regangan, yang disebut rekristalisasi. Proses ini menyebabkan perubahan pada sifat mekanisnya, yaitu kekuatan dan kekerasan akan turun, sedangkan keuletan dan ketangguhan naik [7].

Dari pengamatan foto makro yang didapatkan, spesimen uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian laju korosi terlihat pada permukaan spesimen uji setelah terjadi pengujian laju korosi terdapat jenis produk korosi yaitu korosi sumuran (*pitting*) dan seragam (*uniform*). Pada produk korosi jenis sumuran, ia akan menyerang spesimen uji pada permukaan tertentu saja dan meninggalkan bentuk lubang yang memiliki diameter relatif besar. Sedangkan pada produk korosi seragam, produk korosinya berbentuk bercak hitam yang diameternya relatif kecil namun terdapat hampir seluruh pada permukaan spesimen uji.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait Pengaruh Post Weld Heat Treatment terhadap Pengelasan SMAW pada Material AISI 1045 terhadap Laju Korosi di Air Laut diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengujian mikrografi sesuai ASTM E3 didapatkan bahwa struktur mikro yang dihasilkan pada spesimen uji terdiri dari fasa *pearlite* dan fasa *ferrite*. Dimana tidak terjadi perubahan fasa akibat dilakukannya *post weld heat treatment* dengan variasi suhu  $400^\circ$ ,  $500^\circ$ , dan  $600^\circ$  dengan *holding time* masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 4 jam.
2. Material baja AISI 1045 pasca pengelasan dengan elektrolit air laut pada spesimen uji tanpa *post weld heat treatment* (non PWHT) memiliki nilai laju korosi yang paling tinggi. Nilai laju korosi pada spesimen uji tanpa *post weld heat treatment* (non PWHT) adalah 0,3040 mmpy; 0,3098 mmpy; dan 0,3066 mmpy. Sedangkan spesimen uji dengan *post weld heat treatment* variasi suhu  $600^\circ$  dan *holding time* 4 jam memiliki nilai laju korosi paling rendah. Nilai laju korosi pada spesimen uji dengan *post weld heat treatment* variasi suhu  $600^\circ$  dan *holding time* 4 jam adalah 0,1292 mmpy; 0,1256 mmpy; dan 0,1278 mmpy.
3. Nilai rata-rata kekerasan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* yang paling tinggi yaitu pada variasi non PWHT dengan nilai kekerasan berurutan sebesar 228 HV, 391 HV, dan 333 HV. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu pada variasi PWHT  $600^\circ$  dan *holding time* 4 jam, dengan nilai rata-rata kekerasan berurutan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* yaitu 155 HV, 239 HV, dan 217 HV.
4. Sebelum pengujian korosi dipastikan tidak ada produk dengan jenis korosi apapun yang ditemukan pada spesimen uji tanpa *post weld heat treatment* (non PWHT) dan dilakukannya *post weld heat treatment* dengan variasi suhu  $400^\circ$ ,  $500^\circ$ , dan  $600^\circ$  dengan *holding time* masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 4 jam. Namun, setelah pengujian korosi dilakukan, foto makrografi sampel sebelum dilakukan uji korosi masih terlihat bersih dan mengkilap, namun setelah dilakukan uji korosi mulai ditemukan produk korosi jenis *pitting* atau sumuran dan produk korosi yang seragam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifah, A., Ruswanto, S. 2020. Efek Post Weld Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik AISI 316 Hasil Pengelasan GTAW. Jurnal Mekanik Terapan, Volume 01.
- [2] Callister, W.D., Rethwisch, D.G. 1940. Materials Science and Engineering an Introduction. 8 ed
- [3] Hamdani, 2019. Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045: Suatu Kajian Eksperimental dan Analisa Numerik. Jurnal Polimesin, Volume 17.
- [4] Huang, C.C., Pan, Y.C., Chuang, T.H. 1997. Effects of Post-Weld Heat Treatments on the Residual Stress and Mechanical Properties of Electron Beam Welded SAE 4130 Steel Plates. Journal of Materials Engineering and Performance.
- [5] Hun An, J., Lee, J., Kim, Y.S. Kim, W.C., Kim, J.G. 2018. Effects of Post Weld Heat Treatment on Mechanical and Electrochemical Properties of Welded Carbon Steel Pipe. Metals and Materials International.

- 
- [6] Rohmat, I.K., Amri, M.S., Muzzakki, M.H., Kurniyanto, H.B., Mukhlis, Munir, M.M. 2023. Perbandingan PWHT dan Non PWHT pada Pengelasan Material SA-213 Grade T91 dengan SA-213 Grade T22 terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan. *Jurnal Rekayasa Mesin*.
- [7] Setiawan, I., Ilman, M.N. 2012. Pengaruh Post Weld Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanis dan Korosi Sambungan Las Spiral Saw pada Pipa Baja ASTM A252.
- [8] Sholikhin, M.A., Suprihanto, A., Umardani, Y. 2021. Analisis Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Karbon Menengah Aisi 1045 Pada Air Laut. *Jurnal Teknik Mesin*, Volume 9.
- [9] Tristijanto, H. 2012. Meningkatkan Ketahanan Korosi Pada Sambungan Longitudinal Las Resistensi Listrik Pipa Baja Api 5L X – 46 dengan Perlakuan Panas Paska Pengelasan. *Foundry*.
- [10] Wang, Z., Zhang, X., Yu, H., Liu, J., Cheng, L., Hu, S.U., Wu, K. 2022. Effects of pearlite on corrosion initiation and propagation in weathering steels in marine environments. *J Mater Sci*.