



## PENGARUH TEMPERATUR *ANNEALING* SAMBUNGAN LAS SMAW (*SHIELDED METAL ARC WELDING*) TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN FISIS BAJA K-945 EMS-45

Riski Yustiar Prabowo<sup>✉</sup>, Rusiyanto, Widi Widayat

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima

Disetujui

Dipublikasikan

#### Keywords:

*PWHT Annealing, Tegangan Tarik, Struktur Mikro, Keuletan.*

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adakah pengaruh dari suhu Post Weld Heat Treatment Annealing pada pengelasan baja Bohler Grade K-945 EMS 45 terhadap sifat mekanis (uji kekerasan dan uji tarik) dan sifat fisis (foto mikro). Penelitian menggunakan jenis baja K-945 EMS 45 yang mengandung kadar karbon 0,52%. Pembuatan spesimen dengan cara memotong plat baja tersebut dan dibuat kampuh X untuk pengelasan, spesimen bentuk uji tarik sesuai dengan standar ASTM E8. Pengelasan menggunakan jenis las SMAW. Kemudian dilakukan proses PWHT annealing dengan variasi suhu 650<sup>o</sup> C, 695<sup>o</sup> C dan 740<sup>o</sup> C yang dipanaskan dalam furnace selama 1 jam dan didinginkan di dalam furnace. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan maksimal spesimen non PWHT sebesar 702,95 MPa, spesimen PWHT 650<sup>o</sup> C sebesar 614,51 MPa. Tegangan maksimal untuk spesimen PWHT 695<sup>o</sup> C sebesar 567,96 MPa, sementara untuk nilai tegangan maksimal spesimen PWHT 740<sup>o</sup> C sebesar 531,65 MPa. Nilai rata-rata tegangan luluh pada spesimen non PWHT sebesar 384,5 MPa, spesimen PWHT 650<sup>o</sup> C sebesar 340,46 MPa. Tegangan luluh untuk spesimen PWHT 695<sup>o</sup> C sebesar 309,77 MPa, sementara untuk nilai rata-rata tegangan luluh spesimen PWHT 740<sup>o</sup> C sebesar 283,69 MPa. Selanjutnya untuk nilai rata-rata presentase regangan dari spesimen non PWHT sebesar 30,44 %, spesimen PWHT 650<sup>o</sup> C sebesar 22,22 %. Nilai rata-rata presentase regangan spesimen PWHT 695<sup>o</sup> C sebesar 22,31 % sementara untuk nilai rata-rata presentase regangan spesimen PWHT 740<sup>o</sup> C sebesar 24,81 %. Hasil foto struktur mikro untuk spesimen non PWHT nampak berupa struktur ferit, perlit, dan grafit. Sedangkan spesimen yang mengalami perlakuan PWHT mengalami perubahan bentuk struktur yang berubah ukuran butirnya dan lebih halus. Penampang patah yang terjadi pada spesimen non PWHT berbentuk granular, sedangkan penampang patah yang terjadi pada spesimen yang mengalami perlakuan berbentuk cup-cone. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa dengan PWHT annealing dapat menurunkan tegangan tarik dan meningkatkan keuletan.

### Abstract

*The objectives of this study is to find out the influence of Post Weld Heat Treatment Annealing temperature of the Bohler Grade K-945 EMS 45 steel welding towards the mechanical characteristics (hardness and stretching test) and the physical character (micro photograph). The research used the K-945 EMS 45 steel which contains 0.52% carbons. Specimen making was done by cutting the metal steel and made it into X joint for the welding. The specimen of stretching test was based on ASTM E8 standard. The welding was using the SMAW weld. After that, PWHT annealing process was done by furnace heating for about 1 hour with the temperature variations of 650<sup>o</sup> C, 695<sup>o</sup> C and 740<sup>o</sup> C, and then it remained inside the furnace for cooling. The result of the research showed that the average rate of maximum tension of the specimen non PWHT was 702.95 MPa, the specimen PWHT 650<sup>o</sup> C was 614.51 MPa. The maximum tension of the specimen PWHT 695<sup>o</sup> C was 567.96 Mpa, while the maximum tension of specimen PWHT 740<sup>o</sup> C was 531.65 MPa. The average of melting tension of the specimen non PWHT was 385.5 MPa, specimen PWHT 650<sup>o</sup> C was 340.46 MPa. The melting tension of specimen PWHT 695<sup>o</sup> C was 309.77 MPa, while the average rate of melting tension of the specimen PWHT 740<sup>o</sup> C was 283.69 MPa. Then, for the average percentage of the elasticity of specimen non PWHT was 30.44%, specimen PWHT 650<sup>o</sup> C was 22.22%. The average percentage of the elasticity of specimen PWHT 695<sup>o</sup> C was 22.31%. Then, for the average percentage of the elasticity of specimen PWHT 740<sup>o</sup> C was 24.81%. The photographic result of micro structure of specimen non PWHT was in a form of ferite, perlite and graphitic structure. While the specimen from the PWHT treatment had the structure changes of its granule size and was softer. The fracture of the specimen non PWHT was of granular shape, while the fracture of the specimen that underwent a treatment was in a shape of cup-cone. The result of the research showed that doing the PWHT annealing was able to reduce the stretching tension and increase the tenacity.*

© 2012 Universitas Negeri Semarang

ISSN 2252-651X

✉ Alamat korespondensi:

Gedung E9 Lantai 2 FT Unnes

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

E-mail: journalmel@yahoo.com

**Pendahuluan**

Pembangunan konstruksi dan rancang bangun dengan logam sekarang ini banyak digunakan oleh masyarakat. Oleh karena itu untuk membentuk atau membuat sebuah konstruksi yang rumit dimana bahan tidak dapat dicetak langsung melainkan harus disambung anatara konstruksi satu dengan yang lain, maka dari itu penyambungan konstruksi tersebut menggunakan proses pengelasan.

Baja K-945 EMS-45 merupakan jenis baja yang termasuk kelompok baja karbon sedang. Dimana untuk baja jenis ini memiliki kandungan karbon mencapai 0,52 %. Berikut ini komposisi baja K-945 EMS-45. Tabel 1 Komposisi baja K-945 EMS-45 (Bohler: Sertifikat baja S45C PT. Bhinneka Bajanasa)

M					
C	Si	n	P	S	CrNiMoVAICu
0,52	0,31	0,85	0,019	0,02	0,010

Pengelasan dapat dilakukan dengan beberapa jenis, misalkan jenis Las Elektroda Terumpan (*Consumable Electrode*) dimana terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), *Metal Inert Gas* (MIG), *Metal Active Gas* (MAG), *Flux Core Arc Welding* (FCAW) dan *Submerged Arc Welding* (SAW). Jenis yang banyak digunakan adalah jenis SMAW karena lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien.

Adanya proses pengelasan menimbulkan dampak yaitu terjadinya tegangan sisa dan kekerasan yang tinggi pada baja lasan sehingga membuat rancang bangun logam menjadi getas, tidak tahan getaran dan menimbulkan korosi.

Terdapat dua cara pembebasan tegangan sisa, yaitu cara mekanik dan cara termal. Dari kedua cara ini yang paling banyak dilaksanakan adalah cara termal dengan proses anil (Wirjosumarto dan Okumura, 2004: 144).

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan jenis metode eksperimen, dimana untuk populasi dalam penelitian ini adalah semua hasil penelitian yaitu baja K-945 EMS-45 yang tidak dan yang mengalami perlakuan. Untuk sampel dalam penelitian ini adalah hasil pengaruh suhu *annealing* pada PWHT pengelasan baja *BOHLER GRADE* K-945 EMS-45 terhadap sifat fisis dan mekanis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari temperatur PWHT *annealing* terhadap sifat mekanis (uji tarik) dan fisis (pengamatan struktur mikro) pada baja K-945 EMS-45 akibat dari proses pengelasan.

Variabel dalam penelitian ini ada 3 yaitu (1) variabel bebas, dalam penelitian ini adalah suhu *annealing* pada PWHT sebesar 650<sup>0</sup> C, 6950<sup>0</sup> C, dan 740<sup>0</sup> C. (2) Variabel terikat, dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik, nilai kekerasan dan uji struktur mikro dari pengelasan baja *BOHLER GRADE* K-945 EMS 45. (3) Variabel kontrol, adapun variabel kontrol tersebut antara lain: prosedur pengelasan yang baik dan benar, bahan untuk penelitian menggunakan baja *BOHLER GRADE* K-945 EMS-45 dan elektroda yang digunakan jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm.

**Metode**

**Hasil**

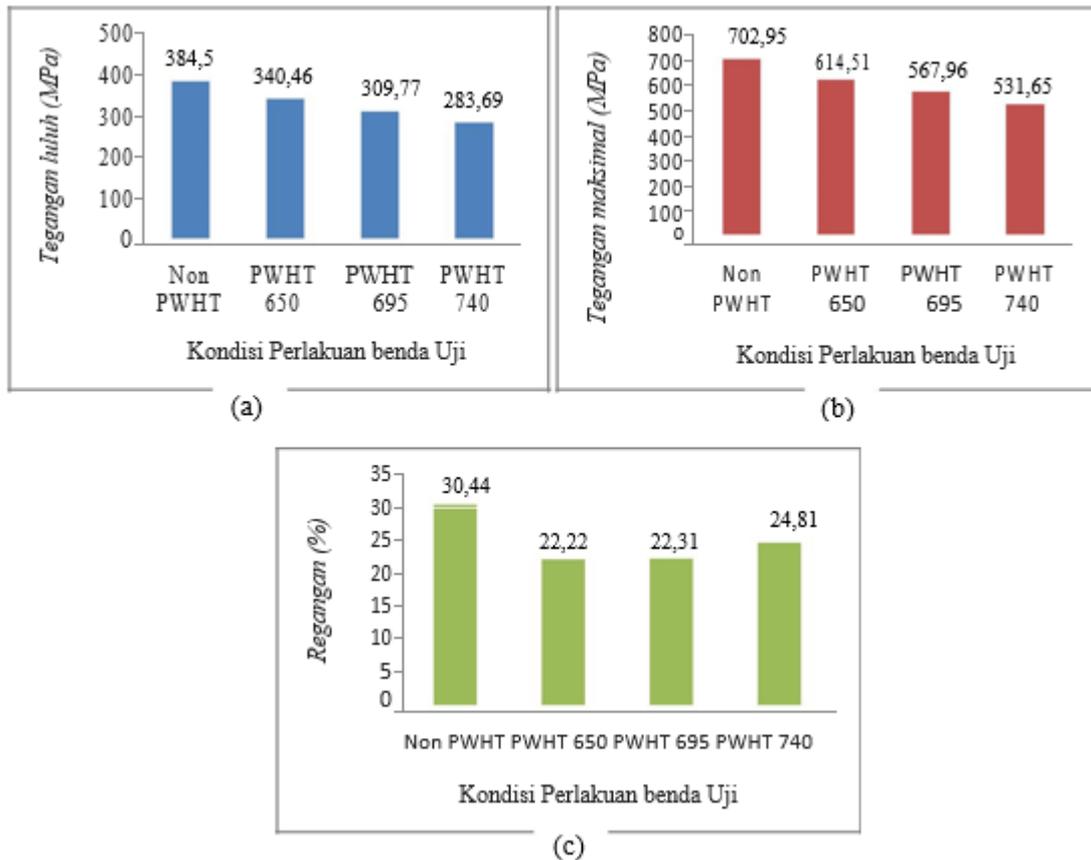
kemudian dibuat dalam bentuk tabel di bawah ini.

**A. Uji Tarik**

Setelah melakukan pengujian didapatkan nilai dan kemudian dicari rata-ratanya,

**Tabel 2** Data perbandingan hasil pengujian tarik setiap kondisi perlakuan kelompok benda uji

Perlakuan	Tegangan Luluh ( $\sigma_y$ )	Tegangan Maksimal ( $\sigma_u$ )	Regangan ( $\epsilon$ )
	MPa	MPa	(%)
Non PWHT	384,5	702,95	30,44
PWHT 650 <sup>o</sup> C	340,46	614,51	22,22
PWHT 695 <sup>o</sup> C	309,77	567,96	22,31
PWHT 740 <sup>o</sup> C	283,69	531,65	24,81



**Gambar 1** Diagram perbandingan (a) tegangan luluh ( $\sigma_y$ ), (b) tegangan maksimal ( $\sigma_u$ ) dan(c) regangan ( $\epsilon$ ) hasil uji tarik setiap perlakuan benda uji

Tabel 2 menunjukkan bahwa spesimen yang tidak mengalami perlakuan memiliki rata-rata tegangan luluh 384,5 MPa, rata-rata tegangan maksimal 702,95 MPa, serta rata-rata regangan 30,44 %.

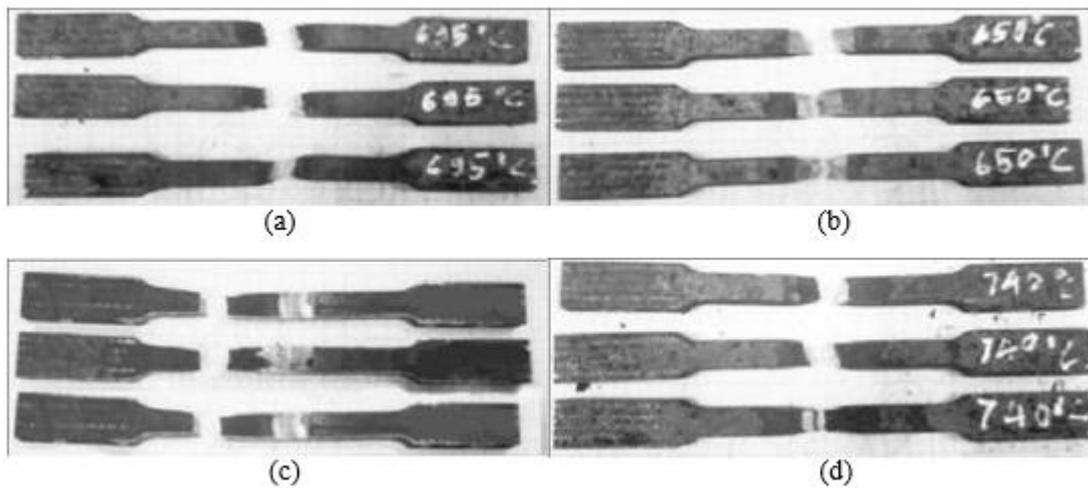
Angka ini lebih besar dibandingkan dengan benda uji yang mengalami perlakuan. Pada spesimen *annealing* 650<sup>o</sup> C memiliki tegangan maksimal rata-rata 614,51 Mpa dan tegangan luluh rata-rata

340,46 MPa. Nilai tersebut merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan nilai dari kelompok benda uji yang mengalami perlakuan. Pada spesimen *annealing* 740<sup>o</sup> C memiliki nilai rata-rata regangan tertinggi dibandingkan dengan nilai regangan dari kelompok spesimen yang mengalami perlakuan yang lain.

Gambar 1(a) terlihat bahwa nilai tegangan luluh semakin menurun dan berbanding lurus dengan kenaikan suhu perlakuan. Dapat diartikan, bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin rendah nilai tegangan luluhnya. Gambar 1(b) menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimal semakin menurun dan berbanding lurus dengan kenaikan

temperatur pemanasan maka semakin rendah nilai tegangan maksimalnya. Hal ini dapat terjadi karena dengan adanya perlakuan panas yang diterima oleh suatu benda akan mengubah struktur mikro benda tersebut, dimana struktur butiran penyusun benda akan berubah dan terjadi pengendoran tegangan tanpa deformasi, yang berakibat tegangan luluh dan tegangan maksimalnya menurun.

Gambar 1(c) menunjukkan nilai regangan tiap spesimen. Terlihat pada kelompok spesimen dengan perlakuan mengalami peningkatan jika temperaturnya bertambah, atau dapat dikatakan bahwa kenaikan nilai persentase regangan berbanding lurus dengan kenaikan temperatur



suhu perlakuan, dengan kata lain semakin tinggi

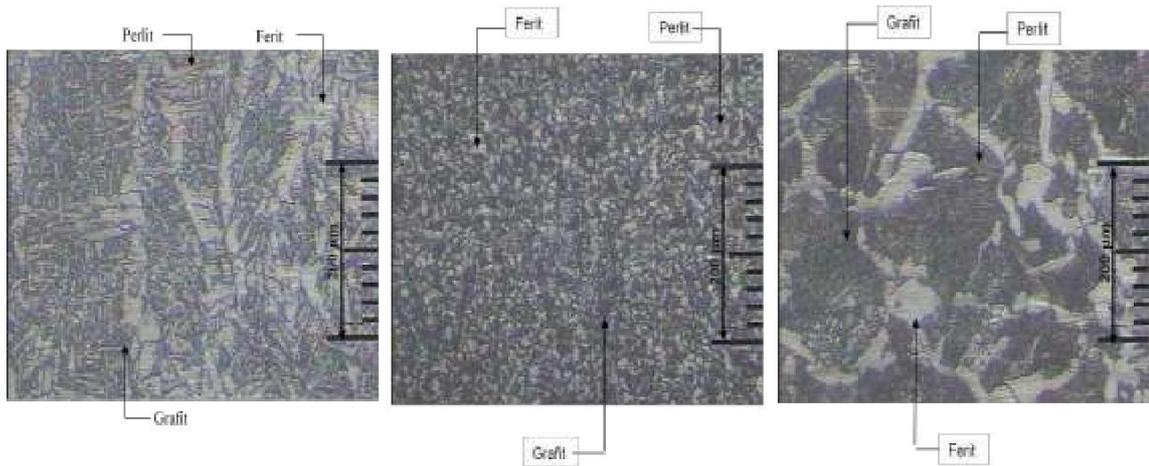
pemanasan.

**Gambar 2** Hasil pengujian tarik (a) non PWHT, (b) PWHT 650<sup>o</sup> C, (c) PWHT 695<sup>o</sup> C dan (d) PWHT 740<sup>o</sup> C

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, patahan yang terjadi terletak di daerah lasan pada kelompok spesimen yang mengalami perlakuan dan ada sebagian patahan yang terjadi pada daerah HAZ, yaitu pada kelompok spesimen tanpa perlakuan. Dengan adanya perlakuan PWHT *annealing* menyebabkan kekuatan pada daerah lasan lebih rendah daripada daerah HAZ.

## B. Pengamatan Struktur Mikro

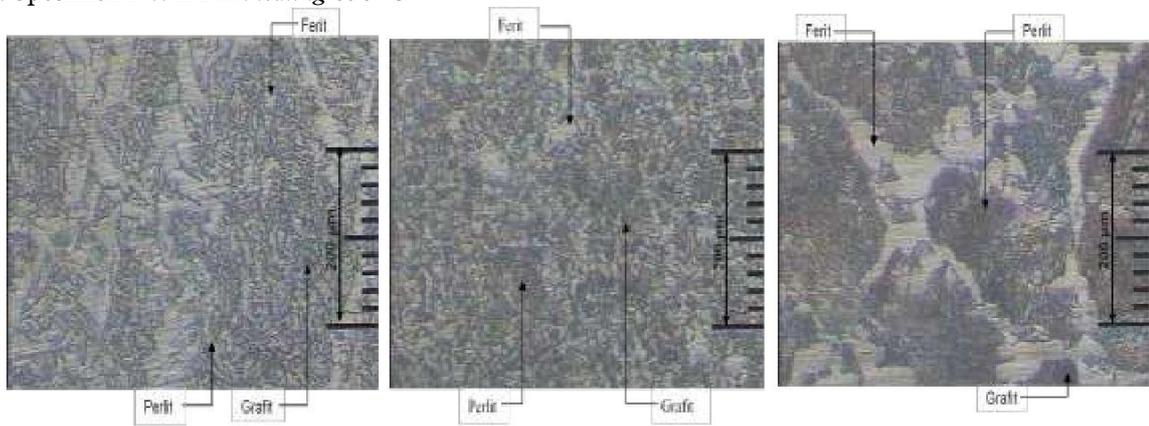
### 1. Spesimen Non PWHT *Annealing*



Gambar 3. Daerah lasan

Gambar 4. Daerah HAZ Gambar 4. Daerah Logam

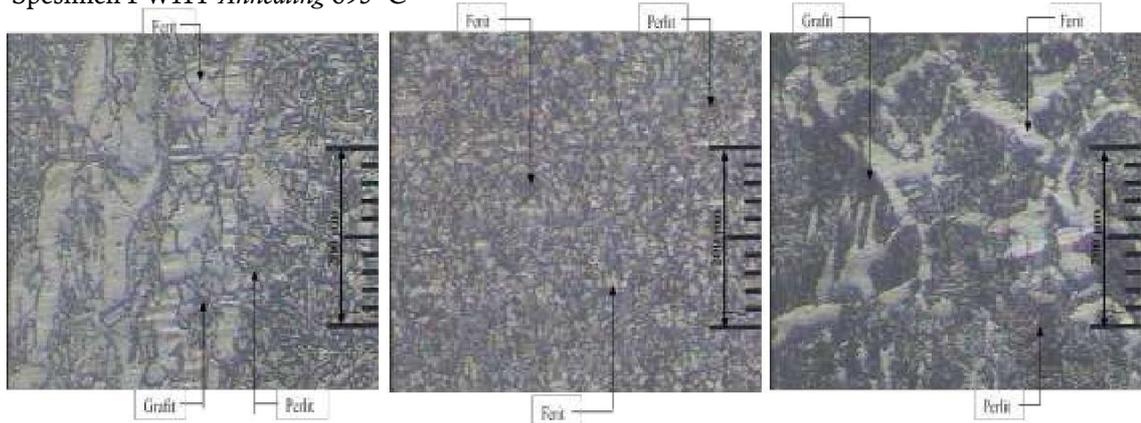
2. Spesimen PWHT *Annealing 650<sup>o</sup> C*



Gambar 5. Daerah lasan

Gambar 6. Daerah HAZ Gambar 7. Daerah Logam

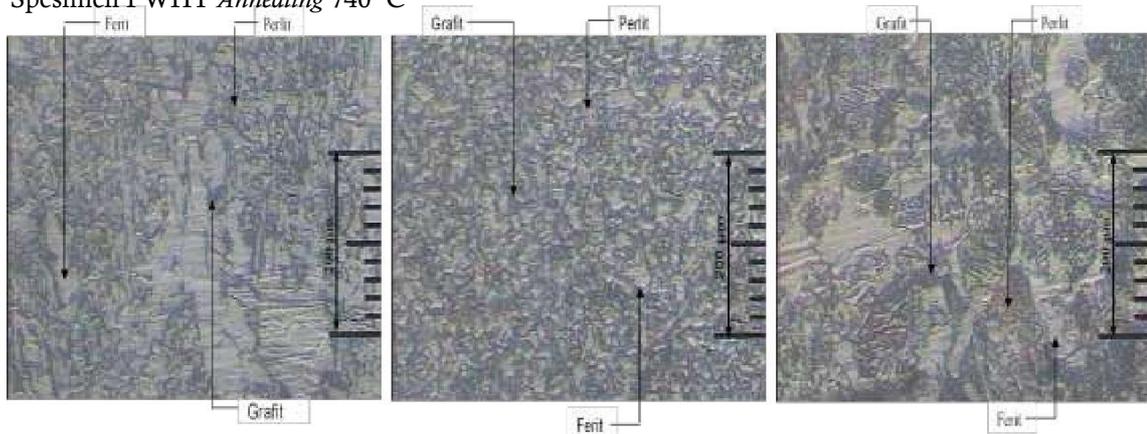
3. Spesimen PWHT *Annealing 695<sup>o</sup> C*



Gambar 8. Daerah lasan

Gambar 9. Daerah HAZ Gambar 10. Daerah Logam

4. Spesimen PWHT *Annealing* 740<sup>0</sup> C



Gambar 11. Daerah las    Gambar 12. Daerah HAZ    Gambar 13. Daerah Logam

Struktur yang terjadi pada sambungan las sangat ditentukan oleh temperatur pemanasan pada saat pengelasan dan laju pendinginan setelah pengelasan, selain itu juga bergantung pada komposisi kimia, logam induk, logam pengisi, cara pengelasan dan perlakuan panas yang dilakukan. Struktur mikro yang terjadi dan laju pendinginan akan menentukan sifat mekanis dari bahan tersebut. Adanya panas yang timbul dari proses pengelasan mengakibatkan perbedaan struktur mikro antara daerah las, daerah HAZ, dan logam induk.

Daerah lasan merupakan daerah yang mendapatkan temperatur sangat tinggi. Strukturnya banyak dipengaruhi oleh komposisi kawat las dan laju pendinginannya. Strukturnya berupa ferit dan grafit dengan butiran yang halus. Ukuran yang lebih halus adalah pada PWHT 740<sup>0</sup> C, jadi semakin tinggi temperatur pemanasan maka jumlah kandungan ferit semakin banyak dan butirannya semakin besar dan bentuknya semakin halus.

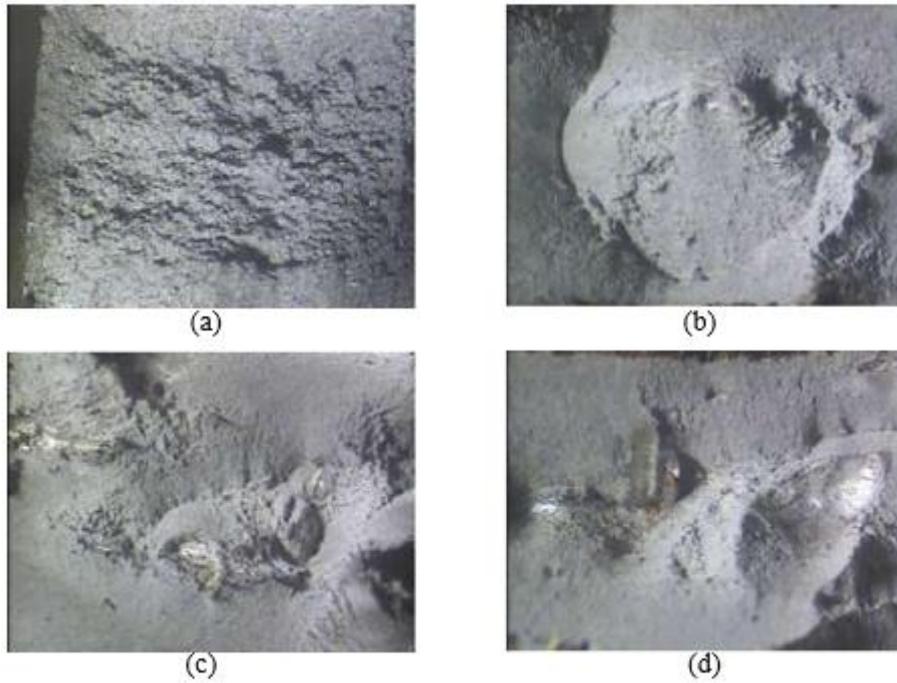
Struktur mikro pada daerah HAZ dimana daerah ini merupakan batas dari logam induk dan daerah las yang masih terpengaruh oleh panas dari busur listrik. Semakin dekat dengan daerah las maka akan mendapat masukan panas yang

tinggi, dan semakin jauh akan berkurang. Hal ini dikarenakan karena kecepatan pendinginan tidak merata, sehingga terpengaruh pada struktur mikro yang terjadi. Bentuk struktur mikro yang terjadi pada daerah ini yaitu grafit, ferit dan perlit. Akibat dari variasi suhu *annealing* yang hampir sama, struktur ferit akan lebih banyak dan butirannya membesar apabila suhu *annealing* semakin tinggi.

Struktur mikro di daerah logam induk dimana logam ini masih memiliki sifat bawaan benda uji. Benda uji pada daerah logam induk yang mengalami perlakuan PWHT *annealing* terjadi perubahan yaitu munculnya struktur perlit, dan butiran dari struktur grafit dan ferit akan semakin membesar dan kasar jika temperatur pemanasannya naik.

Proses PWHT *annealing* menyebabkan terbentuknya struktur perlit, dimana untuk perlit memiliki sifat yang cenderung ulet. Namun disamping terbentuk struktur perlit dampak lain dari pemanasan *pasca* pengelasan adalah terbentuknya kerak yang mempengaruhi kadar karbon yang dikandung benda tersebut, sehingga kekuatan benda tersebut akan turun.

**C. Pengamatan Penampang Patah**



**Gambar 14** Penampang patah spesimen (pembesaran 9x) (a) non PWHT, (b) PWHT 650<sup>o</sup> C, (b) PWHT 695<sup>o</sup> C dan (c) PWHT 740<sup>o</sup> C

Gambar 14(a) menunjukkan hasil gambar penampang patah benda uji tanpa PWHT *annealing*. Patahan ini terjadi di daerah HAZ benda uji, hal ini terjadi karena material ini tidak mendapatkan perlakuan PWHT *annealing* sehingga logam penyambung dan logam asli terpadu kuat di daerah lasan spesimen, sehingga daerah lasan lebih kuat daripada daerah HAZ. Jenis patahan yang terjadi adalah patahan jenis *granular*. Dimana untuk jenis patahan ini memiliki ciri khas yaitu material yang getas.

Gambar 14(b), 14(c) dan 14(d) menunjukkan hasil gambar penampang patah benda uji dengan PWHT *annealing* 650<sup>0</sup> C, 695<sup>0</sup> C, dan 740<sup>0</sup> C. Ketiga jenis patahan ini terjadi di daerah sambungan/lasan benda uji, hal ini dapat terjadi karena dengan mendapatkan perlakuan PWHT *annealing* logam penyambung akan rapuh dan ikatan antara logam penyambung dan logam bawaan semakin renggang, hal ini disebabkan karena temperatur pemanasan yang sangat tinggi. Dengan keadaan seperti ini, daerah sambungan/las kekuatan tariknya lebih rendah dibandingkan dengan daerah HAZ. Untuk jenis patahan yang terjadi adalah patahan jenis *cup-cone*. Dimana untuk jenis patahan yang terjadi ini memiliki ciri khas yaitu material yang ulet.

Dari keempat jenis patahan yang terjadi, terlihat bahwa patahan yang terjadi pada spesimen uji tanpa perlakuan PWHT *annealing* berjenis *granular*, sedangkan untuk bentuk patahan yang lain berjenis *cup-cone*, sehingga untuk jenis patahan yang berbentuk *cup-cone* memiliki sifat yang ulet, tetapi kekuatan tariknya menurun jika dibandingkan dengan jenis patahan yang berbentuk *granular*.

Secara keseluruhan, pada spesimen PWHT *annealing* 740<sup>0</sup> C nilai tegangan tarik dan tegangan luluhnya mengalami penurunan terhadap spesimen awalnya tetapi untuk nilai reduksi regangan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan dengan adanya proses PWHT *annealing* struktur atom penyusun logam mengalami *rearrangement* dan terbentuknya kristal-kristal baru yang belum sempurna yang mengakibatkan tegangan tarik dan tegangan luluhnya menurun. Hal ini diperkuat dengan bentuk struktur butir yang membesar dan kasar serta munculnya struktur perlit pada spesimen

yang mengalami perlakuan menandakan benda ini bersifat ulet yang dibuktikan dengan hasil foto mikro benda uji. Hasil foto makro menunjukkan bahwa spesimen tanpa *treatment* mengalami patahan *granular* yang bersifat getas disebabkan karena logam penyambung dan logam bawaan terpadu dengan baik sehingga daerah lasan yang lebih kuat daripada daerah HAZ, dan untuk spesimen yang mengalami *treatment* mengalami patahan *cup-cone* yang bersifat ulet disebabkan paduan antara logam penyambung dan logam bawaan tidak terikat kuat dikarenakan pemanasan dengan temperatur yang tinggi. Berdasarkan pernyataan tersebut semakin memperkuat bahwa semakin tinggi suhu pemanasan PWHT *annealing* maka semakin ulet benda tersebut, namun untuk nilai tegangan tariknya dan tegangan luluhnya menurun. Hal ini sesuai dengan tujuan dari proses PWHT *annealing*.

### Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kenaikan temperatur PWHT *annealing* berbanding terbalik dengan kenaikan nilai tegangan maksimal spesimen, untuk nilai tegangan luluh berbanding terbalik dengan kenaikan temperatur, dan untuk persentase regangan berbanding lurus dengan kenaikan temperatur pemanasan.
  2. Adanya proses PWHT *annealing* menyebabkan naiknya keuletan benda, ditandai dengan patahan yang terjadi di daerah las pada spesimen PWHT *annealing* yang berbentuk *cup-cone*, dan spesimen tanpa PWHT *annealing* patah yang terjadi di daerah HAZ yang berjenis patah *granular*.
- B. Proses *annealing* mempengaruhi struktur mikro baja K-945 EMS-45 akibat pengaruh proses pengelasan

SMAW menjadi halus dan relatif homogen pada perbandingan struktur antara daerah las, HAZ dan logam induk terutama pada proses anil penuh 740°C

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi pengujian yaitu dengan pengujian impact dan pengujian ketangguhan.

1. Jika melakukan PWHT *annealing* gunakan suhu 740°C. Karena pada suhu tersebut struktur mikro baja akan menjadi halus dan relatif homogen, sehingga baja akan menjadi lunak dan ulet.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi suhu dan waktu dalam proses perlakuan panas sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis baja bohler grade K-945 EMS 45.

#### Daftar Pustaka

- Bohler. 2012. *Test Certificate*. Jakarta: PT. Bhinneka Bajanas.
- Bohlindo. *Bohler Special Steel Manual*. Jakarta: PT. Bhinneka Bajanas.
- Purwaningrum, Yustiasih. 2006. *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT*. *Jurnal TEKNOIN*. Vol.11, No.3: 233-242.
- Wirjosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.