

## Analisis Cacat Las Hasil Kombinasi *Filler Rod* dan Elektroda Pada Sambungan Pipa Menggunakan Pengelasan Kombinasi GTAW dan SMAW

Sugiarto, Jatmiko Awali

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [sugik\\_mlg@yahoo.co.id](mailto:sugik_mlg@yahoo.co.id) atau [sugik@ub.ac.id](mailto:sugik@ub.ac.id)

### ABSTRAK

Pengelasan GTAW merupakan pengelasan dengan kualitas yang baik namun tergolong pengelasan mahal, sedangkan SMAW merupakan pengelasan dengan kualitas las lebih rendah tetapi biayanya lebih murah. Pada pengelasan SMAW umumnya masih banyak terjadi cacat las karena tidak berpelindung gas. Penggabungan dua jenis pengelasan ini tujuannya untuk menutupi kekurangan dari masing-masing jenis las. Pada pengelasan GTAW, *filler metal* disebut *filler rod* atau batang pengisi, sedangkan pada pengelasan SMAW, *filler metal* disebut elektroda. *Filler metal* yang digunakan antara GTAW dan SMAW pada dasarnya memiliki perbedaan, oleh karena itu pemilihan kombinasi *filler rod* dan elektroda untuk pengelasan kombinasi menjadi penting karena kedua *filler metal* tersebut harus memiliki karakteristik yang sama dengan material yang akan dilas. Dalam praktiknya teknik pengelasan kombinasi ini telah digunakan oleh beberapa bengkel perusahaan tambang minyak dan gas bumi untuk sambungan pipa gas, namun masih sering ditemukan cacat porositas pada daerah las khususnya pada batas bahan pengisi (*filler metal*) antara GTAW dan SMAW. Oleh karena itu pemilihan kombinasi material pengisi sangat penting dalam menentukan kualitas hasil pengelasan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata. Variabel dalam penelitian ini adalah kombinasi tipe *filler rod* dan elektroda. *Filler rod* yang digunakan adalah ER70S-2 dan ER70S-4 dan elektroda yang digunakan adalah E7016 dan E7018. Variabel terikat pada penelitian ini adalah cacat las menggunakan metode NDT (*Non-Destructif Test*). Sedangkan Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah bahan pipa yang dilas adalah ASTM A 106 Grade B berdiameter 6" skedule 80, diameter *filler rod* 2,4 mm, arus listrik GTAW 120 A, gas pelindung Argon (Ar), arus listrik SMAW 110 A, diameter elektroda 3,2 mm, pemanasan mula 300 °C selama 1 Jam, bentuk sambungan *butt joint*, sudut kampuh 60° dan posisi pengelasan 1G.

Dari hasil uji radiografi ditemukan cacat jenis *porosity* dan *cluster porosity* pada pengelasan yang menggunakan elektroda E7018 dikombinasikan dengan *filler rod* tipe ER70S-2 maupun ER70S-4. Cacat yang terjadi telah melampaui batas minimum cacat sehingga kombinasinya tidak direkomendasikan. Sedangkan pada pengelasan yang mengkombinasikan elektroda E7016 dengan *filler rod* tipe ER70S-2 maupun ER70S-4 tidak ditemukan cacat, sehingga kombinasinya bisa direkomendasikan.

**Kata kunci :** cacat las, *filler rod*, elektrode, pengelasan kombinasi, GTAW, SMAW.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pengelasan GTAW merupakan pengelasan dengan kualitas yang baik, namun pengelasan jenis ini tergolong pengelasan mahal, sedangkan SMAW merupakan pengelasan dengan nilai ekonomi dan kualitas pengelasan yang lebih rendah. Pada pengelasan GTAW, *filler metal* disebut juga *filler rod* atau batang pengisi, sedangkan pada pengelasan SMAW logam pengisinya disebut elektroda. Hasil lasan SMAW umumnya masih sering terjadinya cacat pada saat penetrasi dikarenakan tidak berpelindung gas.

Sedangkan hasil lasan GTAW lebih baik dengan efisiensi yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan hasil lasan yang baik dengan biaya yang lebih murah mulai dilakukan dengan mengkombinasikan kedua jenis pengelasan ini. Dalam praktiknya pengelasan ini telah digunakan oleh beberapa perusahaan tambang minyak dan gas bumi sebagai sambungan pipa gas, namun masih sering ditemukan cacat porositas pada daerah batas pencampuran logam pengisi (*filler metal*). Hal yang penting diperhatikan ketika mengkombinasikan kedua jenis las ini adalah pemilihan *filler metal* (*logam pengisi*) karena

menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil pengelasan. *Filler metal* yang digunakan antara kedua jenis pengelasan harus memiliki karakteristik yang sama.

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak dari pemilihan kombinasi *filler rod* untuk GTAW dengan elektrode untuk SMAW terhadap cacat las dan mengetahui kombinasi logam pengisi yang sesuai untuk menghasilkan lasan yang bebas cacat.

## DASAR TEORI

### Konsep Dasar Pengelasan

Berdasarkan *American Welding Society* (AWS), proses pengelasan adalah proses penyambungan material dengan kumpuh las. Sedangkan kumpuh las didefinisikan sebagai logam yang membeku dari logam yang sebelumnya berada dalam keadaan cair akibat pemanasan pada temperatur tertentu dengan atau tanpa penekanan dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Menurut *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu pengelasan dimana cairan terak akan melindungi logam cair yang mengalir keluar dari kawat las, logam induk dan kawat las meleleh oleh panas.

Dari kedua definisi tersebut dapat disebutkan bahwa las adalah sambungan pada logam yang pada proses penyambungannya menggunakan energi panas. Energi panas yang digunakan untuk mencairkan logam tersebut dapat berasal dari energi listrik, pembakaran gas, sinar elektron, gesekan, gelombang ultrasonic ataupun yang lain.

### Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Las busur gas tungsten (GTAW) atau dengan nama lain las TIG (*Tungsten Arc Welding*) adalah proses las listrik yang menggunakan gas mulia sebagai gas pelindung daerah lasan terhadap pengaruh udara luar. Panas yang dibutuhkan untuk pengelasan terjadi dengan adanya busur listrik (*arc*) antara elektroda tak terumpan (*nonconsumable tungsten electrode*) dengan benda kerja. *Filler metal* atau logam pengisi yang berfungsi sebagai bahan penambah pada pengelasan GTAW disebut *filler rod*.

### Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW atau las listrik dengan elektroda terbungkus adalah proses penyambungan logam dengan mencairkan logam yang akan disambungkan dengan memanaskan logam tersebut dengan busur listrik yang dibentuk antara elektroda terbungkus dengan logam. *Filler metal* atau logam pengisi yang berfungsi sebagai bahan penambah pada pengelasan SMAW disebut elektrode. Elektroda ikut menentukan kualitas hasil lasan, karena itu jenis elektroda harus dipilih sesuai dengan jenis material logam induk, karena elektroda ini akan mencair dan menyatu dengan logam induk. Elektroda yang digunakan pada proses las busur listrik adalah elektroda yang terbungkus oleh fluks, dan mempunyai komposisi logam inti yang berbeda-beda.

### Uji Radiografi pada Pengelasan Pipa

Terdapat perbedaan teknik penyinaran radiografi pada pipa, dimana pada pengaturan sumber sinar dan letak film disesuaikan dengan diameter pipa. Letak sumber sinar pada pipa dengan diameter lebih 3 ½" ditempelkan langsung dengan pipa yang akan diradiografi, sedangkan sumber sinar radiografi pipa dengan diameter yang lebih kecil berada jauh dari pipa, hal ini dikarenakan sudut dari pancaran sinar lebih besar dari diameter pipa dan pada saat penyinaran dapat mengenai semua bagian pipa, dan teknik penyinaran ini dinamakan dinding ganda.

### Hipotesis

*Filler rod* untuk GTAW dan elektroda untuk SMAW adalah logam pengisi (*filler*) yang memiliki spesifikasi berbeda. Untuk menghasilkan kualitas lasan yang baik dan tanpa cacat dalam pengelasan kombinasi diperlukan kesesuaian antara dua *filler* yang digunakan. Dengan menggunakan kombinasi *filler* yang sesuai akan dihasilkan lasan yang tidak cacat dengan struktur campuran yang homogen. Sebaliknya penggunaan kombinasi *filler* yang tidak sesuai akan menghasilkan homogenitas yang rendah dan menghasilkan cacat las.

## METODE PENELITIAN

### Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kombinasi antara *filler rod* dan elektroda dengan variasi :

- *Filler Rod* : ER70S-2, dan Elektroda : E7016, E7016 (P11)
- *Filler Rod* : ER70S-2, dan Elektroda : E7016, E7018 (P12)
- *Filler Rod* : ER70S-2, dan Elektroda : E7018, E7018 (P13)
- *Filler Rod* : ER70S-2, dan Elektroda : E7018, E7016 (P14)
- *Filler Rod* : ER70S-4, dan Elektroda : E7016, E7016 (P21)
- *Filler Rod* : ER70S-4, dan Elektroda : E7016, E7018 (P22)
- *Filler Rod* : ER70S-4, dan Elektroda : E7018, E7018 (P23)
- *Filler Rod* : ER70S-4, dan Elektroda : E7018, E7016 (P24)

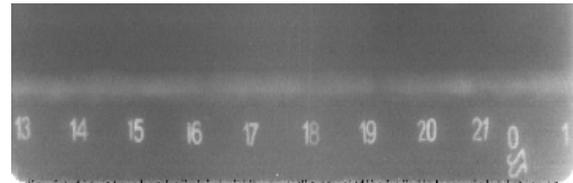
Variabel terikatnya adalah cacat las yang terjadi melalui hasil uji radiografi yang didukung oleh foto makro dan mikrostruktur. Sedangkan variabel yang dikontrol antara lain ketebalan pelat baja 10,9 mm, diameter *filler rod* 2,4 mm, arus listrik GTAW 120 A, diameter elektroda 3,2 mm, gas pelindung Argon (Ar), arus listrik SMAW 110 A, bentuk sambungan *butt joint* (sambungan tumpul) dengan sudut kampuh  $60^\circ$  dan posisi pengelasan 1G dengan pengelasan mendatar, sumbu pipa horizontal, dan pipa diputar. Proses pengelasan diawali dengan pengelasan GTAW menggunakan *filler rod* untuk penetrasi awal dan setelah dingin dilanjutkan dengan pengisian kampuh las menggunakan pengelasan SMAW. Masing-masing variasi diulang 3 kali (3 sampel).

### Material yang Disambung

Material yang dilas dalam penelitian ini adalah pipa ASTM A 106 Grade B diameter 6" *Schedule 80* dengan komposisi paduan: karbon (C) 0,30%, Mangan (Mn) 0,29-1,06%, Silikon (Si) 0,10%, Fosfor (P) 0,035%, Sulphur (S) 0,035%, Chromium (Cr) 0,40%, Nikel (Ni) 0,40%, Molibdenum (Mo) 0,15%, tembaga (Cu) 0,40%, Vanadium (V) 0,08% dan selebihnya Fe.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Foto radiografi kombinasi *filler rod* : ER70S-2 dengan elektroda : E7016, E7016



Gambar 1, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-2 dengan elektroda : E7016, E7016.

Dari gambar 1 tersebut tampak bahwa hasil pengelasan menggunakan kombinasi *filler rod* ER70S-2 dan elektroda E7016 sebagai *root pass* dan *cover pass*, tidak ditemukan cacat las. Cacat juga tidak ditemukan pada dua spesimen pengulangannya.

### 2. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod* : ER70S-2, dan elektroda : E7016, E7018

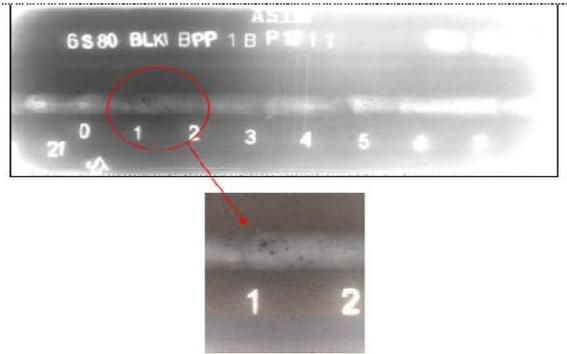
Pada pengelasan ini *filler rod* ER70S-2 digunakan sebagai *root pass* sedangkan elektroda E7016 sebagai *root pass* dan E7018 sebagai *cover pass*, hasil pengelasan menunjukkan adanya cacat porositas berkumpul (*cluster porosity*) pada bagian *cover pass*.



Gambar 2, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-2, dan elektroda : E7016, E7018

### 3. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-2, dan elektroda : E7018, E7018

Pengelasan jenis ini merupakan pengelasan yang menggunakan *filler rod* ER70S-2 sebagai *root pass* dan elektroda E7018 sebagai *root pass* dan *cover pass*, pada pengelasan ini juga ditemukan berbagai jenis cacat berupa cacat *porosity* dan *cluster porosity*.



Gambar 3, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-2, dan elektroda : E7018, E7018

**4. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-2, dan elektroda : E7018, E7016**

Pada pengelasan ini *filler rod* ER70S-2 digunakan sebagai *root pass* sedangkan elektroda E7018 sebagai *hoot pass* dan E7016 sebagai *cover pass*. Hasil pengelasannya menunjukkan tidak terdapat cacat las.



Gambar 4, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-2, dan elektroda : E7018, E7016

**5. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-4, dan elektroda : E7016, E7016**

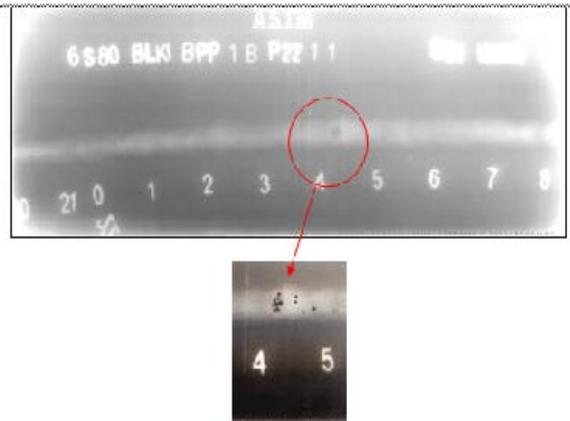
Pengamatan pada foto radiografi hasil pengelasan dengan variasi *filler rod* ER70S-4 sebagai *root pass* dan elektroda E7016 sebagai *hoot pass* dan *cover pass* menunjukkan tidak ada cacat las.



Gambar5, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-4, dan elektroda : E7016, E7016.

**6. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-4, dan elektroda : E7016, E7018**

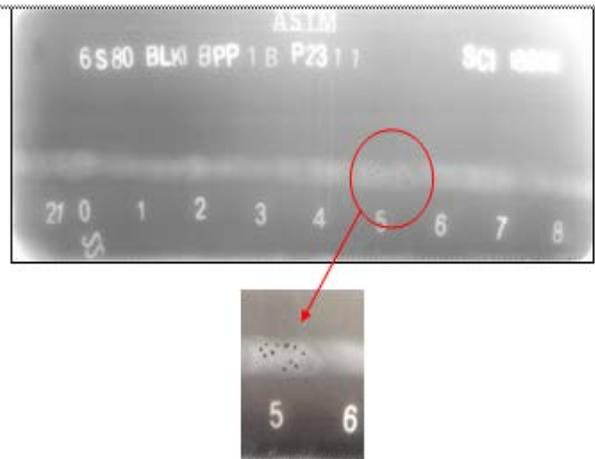
Pada pengelasan ini *filler rod* ER70S-4 sebagai *root pass* dan elektroda E7016 sebagai *hot pass* serta E7018 sebagai *cover pass*. Hasilnya tampak bahwa terdapat cacat porositas dan porositas berkumpul. Yang mana cacat hasil pengelasan jenis ini juga ditemui pada pengelasan sebelumnya yang menggunakan *filler rod* ER70S-2 kombinasi E7018.



Gambar 6, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-4, dan elektroda : E7016, E7018

**7. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-4, dan Elektroda : E7018, E7018**

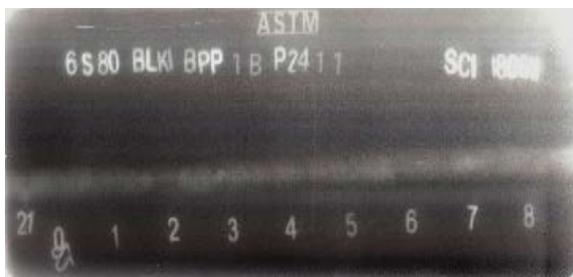
Pada pengelasan ini *filler rod* ER70S-4 sebagai *root pass* dan elektroda E7018 sebagai *hot pass* dan *cover pass*. Hasilnya menunjukkan adanya cacat porositas dan porositas berkumpul pada daerah lasan.



Gambar 7, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-4, dan elektroda : E7018, E7018

**8. Hasil foto radiografi untuk kombinasi *filler rod*: ER70S-4, dan Elektroda : E7018, E7016**

Dari hasil pengamatan foto radiografi specimen hasil pengelasan yang menggunakan kombinasi *filler rod* ER70S-4 sebagai *root pass*, elektroda E7018 sebagai *hot pass* dan E7016 bagai *cover pass*, tidak ditemukan adanya cacat las.



Gambar 8, foto radiografi hasil pengelasan dengan kombinasi *filler rod* : ER70S-4, dan elektroda : E7018, E7016

**Cacat Porositas**

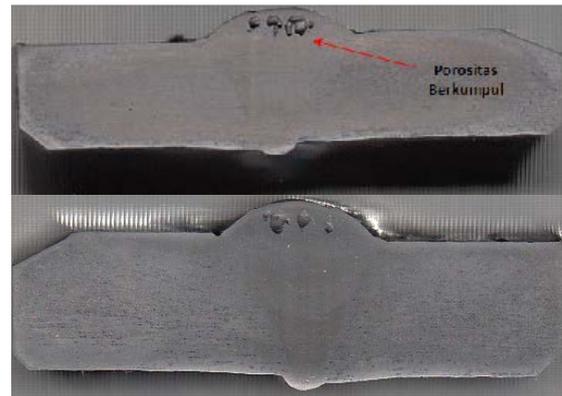
Dari hasil pengamatan film radiografi menunjukkan jenis cacat yang terjadi yaitu cacat porositas dan porositas berkumpul, dimana cacat porositas merupakan jenis cacat berupa lubang halus dengan jumlah yang sedikit, sedangkan porositas berkumpul (*cluster porosity*) memiliki jumlah porositas yang banyak, berikut ini jenis cacat yang terjadi pada pengelasan tersebut.



Gambar 9, cacat porositas

Pada pengelasan ini cacat porositas banyak terdapat pada pengelasan bagian atas yang merupakan daerah pengelasan SMAW menggunakan elektrode E7018..

**Cacat Porositas Berkumpul**

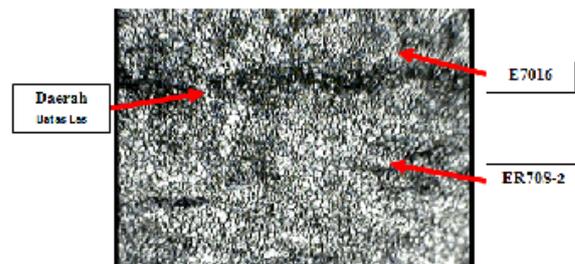


Gambar 10 Cacat porositas berkumpul

Gambar 10 menunjukkan adanya cacat porositas berkumpul yang banyak ditemukan pada bagian atas (*cover pass*) yang merupakan daerah pengelasan SMAW yang menggunakan elektrode E7018 sebagai *cover pass*..

**Analisis Struktur Daerah Batas Antar Filler**

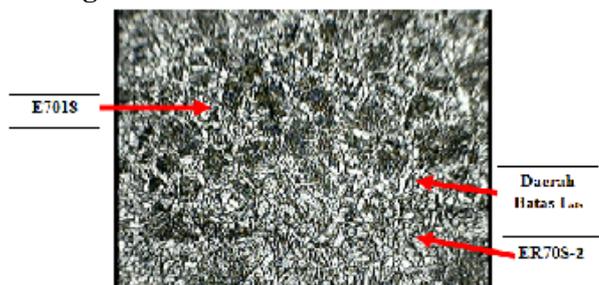
**1. Struktur batas antara ER70S-2 dengan E7016**



Gambar 11 Mikrostruktur daerah batas antara ER70S-2 dengan E7016

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa mikrostruktur daerah batas antara ER70S-2 dengan E7016 memiliki bentuk struktur yang bisa dikatakan homogen dengan struktur butiran yang memiliki bentuk dan ukuran serupa..

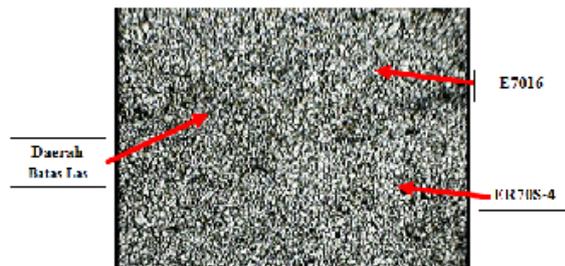
**2. Struktur daerah batas antara ER70S-2 dengan E7018**



Gambar 12, mikrostruktur daerah batas antara ER70S-2 dengan E7018

Dari Gambar 12 nampak bahwa mikrostruktur batas daerah antara ER70S-2 dengan E7018 yang memiliki perbedaan. Mikrostruktur yang dibentuk oleh elektroda E7018 berbutir lebih besar dibandingkan dengan butiran yang dibentuk oleh *filler rod* ER70S-2 sehingga pada pengelasan ini kedua jenis *filler* tidak homogen

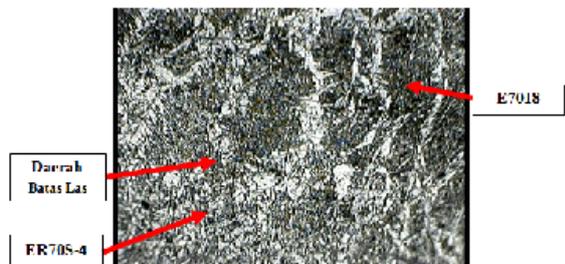
### 3. Mikrostruktur daerah batas antara ER70S-4 dengan E7016



Gambar 13 Mikrostruktur daerah batas antara ER70S-4 dengan E7016

Pada gambar tersebut diketahui bahwa mikrostruktur pada daerah batas antara ER70S-4 dengan E7016 nampak homogen dengan bentuk dan ukuran butiran yang serupa.

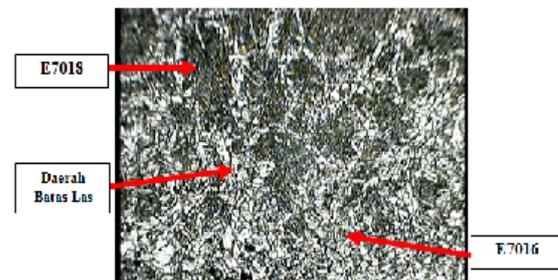
### 4. Mikrostruktur daerah batas antara ER70S-4 dengan E7018



Gambar 14 Mikrostruktur daerah batas antara ER70S-4 dengan E7018

Pada gambar 14 tampak bahwa mikrostruktur yang terbentuk pada daerah batas antara ER70S-4 dengan E7018 tidak homogen. Struktur butiran yang dibentuk oleh elektroda E7018 lebih besar dibandingkan dengan struktur butiran ER70S-4. Sehingga dapat dikatakan kedua jenis *filler* tidak homogen.

### 5. Mikrostruktur daerah batas antara E7016 dengan E7018



Gambar 15 Mikrostruktur daerah batas antara E7016 dengan E7018

Pada gambar tersebut tampak bahwa mikrostruktur daerah batas antara E7016 dengan E7018 tidak homogen, dimana struktur butiran E7018 lebih besar dibandingkan dengan E7016, sehingga dapat dikatakan struktur yang terbentuk pada daerah batas antara kedua jenis elektroda ini tidak homogen.

## PEMBAHASAN

### Analisis Cacat las

Dari hasil foto radiografi diketahui bahwa, jenis cacat yang terjadi dari proses kombinasi antara *filler rod* GTAW dengan elektrode SMAW adalah cacat *porosity* dan *cluster porosity*. Jenis cacat tersebut terjadi pada pengelasan dengan kombinasi *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektroda E7018. Cacat yang terjadi pada kombinasi antara *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektroda E7018 adalah cacat *porosity*, dan *cluster porosity*. *Porosity* merupakan ruang atau bagian hampa yang ditemukan di dalam las. Hal ini disebabkan oleh terperangkapnya gelembung-gelembung gas sewaktu cairan las membeku. Penggunaan elektroda E7018 dalam proses pengelasan ini menimbulkan busur yang memancar yang memungkinkan saat *filler metal* mencair membawa serta udara masuk dari lingkungan. Dengan demikian penggunaan kombinasi *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektroda E7018 dalam pengelasan ini tidak direkomendasikan.

Sedangkan pada pengelasan yang mengkombinasikan *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektrode E7016 tidak ditemukan cacat sehingga pengelasan dengan jenis elektroda tersebut baik digunakan untuk pengelasan kombinasi dan dapat direkomendasikan.

Cacat las yang timbul akibat penggunaan elektrode E7018 dapat

ditanggulangi dengan cara melakukan pengelasan bagian akhir (*cover pass*) menggunakan elektroda E7016. Hal tersebut dibuktikan pada pengelasan dengan mengkombinasikan ER70S-2 sebagai *rod pass* dan elektroda E7018 *hot pass* serta E7016 sebagai *cover pass*. Juga pada ER70S-4 sebagai *rod pass* dan elektroda E7018 *hot pass* serta E7016 sebagai *cover pass*. Dalam kombinasi ini juga tidak ditemukan cacat *porosity*.

Dari foto mikrostruktur daerah batas antar *filler* dapat disimpulkan bahwa pengelasan dengan kombinasi *filler rod* ER70S-2 maupun ER70S-4 dengan elektroda E7016 memiliki homogenitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan kombinasi *filler rod* ER70S-2 maupun ER70S-4 dengan elektroda E7018.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Pemilihan kombinasi antara *filler rod* pada GTAW dengan elektrode pada SMAW berpengaruh pada hasil pengelasan, seharusnya dipilih kombinasi *filler* yang memiliki karakteristik yang sama sehingga *filler metal* lebih mudah menyatu.
- Penggunaan kombinasi antara *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektrode E7016 menghasilkan sambungan tanpa cacat, sedangkan penggunaan kombinasi antara *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 dengan elektrode E7018 ditemukan cacat *porosity* dan *cluster porosity*.
- Penggunaan elektroda tipe E7018 untuk dikombinasikan pada *filler rod* ER70S-2 dan ER70S-4 perlu dihindari karena akan menghasilkan cacat hasil pengelasan. Namun jika terpaksa harus menggunakan elektrode E7018 sebagai *hot pass* maka harus ditambahkan elektroda E7016 sebagai *cover pass* sehingga dapat meminimalisir cacat porositas. Karena penggunaan elektroda E7016 dapat mengikat sisa udara yang terperangkap yang diakibatkan oleh pengelasan sebelumnya.

### Saran

- Perlu dikaji lebih lanjut tentang pengelasan kombinasi ini terkait dengan sifat mekanik maupun kimianya..

## DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society D1.1, “*Structural Welding Code – Steel*”. Welding Inspector Course 2004 American Petroleum Institute Standart 1104. “*Welding Of Pipelines and Related Facilities*”. Nineteenth Edition, Sptember 1999
- Anonymous. 2011a. *Gas Tungsten Arc Welding GTAW*, <http://www.weldingcourse.net/2011/04/04/> diakses tanggal 14 Juli 2011 pukul 10.00
- ASTM. 2004, Carbon Steel and Pipes for Pressure Puposos at High Temperatures, “*Handbook of ASTM Comparative World Steel Standards DS67B*”, Third Edition, USA.
- Cary, 1993, *Modern Welding Technology*, Prentice Hall, New Jersey
- Kou Sindo. 2003. *Welding Metallurgy*. New York: John Willey Sons, Inc
- Wirjosumarto, Harsono dan Okumura Toshie. 2008 *Teknologi Pengelasan Logam*. PT Pradnya Paramita.