

P-41

**ANALISIS PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK TERHADAP HASIL
PENGELASAN SMAW MATERIAL ST 37 DENGAN ELEKTRODA
LOW HIDROGEN PADA PENGUJIAN VISUAL, RADIOGRAFI,
STRUKTUR MAKRO DAN MIKRO**

**ANALYSIS OF THE EFFECT ELECTRICAL CURRENT STRENGTH ON
THE RESULTS OF ST 37 SMAW MATERIAL USING LOW HYDROGEN
ELECTRODES IN VISUAL, RADIOGRAPHY,
MACRO AND MICRO STRUCTURES**

Rienaldy Eka Hartanto^{1*}, Sigit Yulianto², Moch. Sugiri³

¹Teknik Las, Balai Latihan Kerja Kompetensi (BLKK) Disnakertrans Prov Jawa Barat
Jl. K.H Agus salim No 206, Bekasi Jaya, Kec. Bekasi Timur, Kota Bekasi

^{2,3}Teknik Mesin, Fakultas teknik Industri, Institut Teknologi Budi Utomo (ITBU)
Jl. Mawar Merah No.23, RT.2/RW.1, Pd. Kopi, Kec. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13460

*E-mail: rienaldyeka@gmail.com

Diterima 12-10-2020	Diperbaiki 04-11-2020	Disetujui 7-12-2020
---------------------	-----------------------	---------------------

ABSTRAK

Mateial ST 37 merupakan baja karbon rendah yang banyak digunakan untuk konstruksi, salah satu proses penyambungan yang sering dilakukan ialah proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari dan menentukan kuat arus yang menghasilkan pengelasan paling baik pada proses SMAW posisi 3G dengan tebal 10 mm. Proses penelitian yang dilakukan meliputi pengujian visual inspection, penetrant test, radiografi, struktur makro dan mikro yang telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus pengelasan adalah sebesar root 70 ampere, fill 100 ampere, dan capping 100 ampere. Kuat arus yang digunakan pada sample A berkategori kecil, pada sample B berkategori sedang dan sample C berkategori besar. Pada hasil pengujian visual, penetrant test dan radiografi, spesimen B dinyatakan *accepted* sedangkan A dan C dinyatakan tidak sesuai dengan kriteria standard sehingga dinyatakan *rejected*. Pada pengujian struktur makro B memiliki hasil yang paling baik jika dibandingkan spesimen A dan C, dimana spesimen A terdapat cacat slag inclusion pada internal pengelasan, sedangkan specimen C terlihat daerah (Heat effected Zone) HAZ yang lebar jika dibandingkan dengan spesimen A dan B. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa jenis struktur mikro yang muncul pada spesimen A, B dan C adalah ferrite dan pearlite. Pada spesimen A daerah HAZ terlihat pearlite dan ferit Widmanstatten yang memiliki ukuran butiran besar, dengan orientasi arah yang hampir sama, sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak. sedangkan pada spesimen B dan C daerah HAZ terlihat pearlite dan acicular ferit dengan butiran yang halus dan mempunyai ketangguhan lebih tinggi dibanding strutur mikro yang lain.

Kata kunci: *visual inspection, penetrant test, radiografi, struktur makro, struktur mikro, pengelasan, SMAW*

ABSTRACT

ST 37 material is a low carbon steel that is widely used for construction. One of the connection processes that is often done is the welding process. This research is intended to find the electrical current that produces the best welding in the SMAW process on 3G position with a thickness of 10 mm based on visual inspection tests, penetrant tests, radiographic tests, macro and micro structures that have been done. The results shows that the electrical current is 70 amperes root, 100 amperes fill, and 100 amperes capping. The current strength used in sample A is in the small category, in sample B it is in the medium category and the sample C is in the large category. Based on the results of visual tests, penetrant tests and radiographic tests, specimen B status was "accepted" while A and

C were not in accordance with standard criteria so their status was "rejected". In the macro structure test, specimen B has the best results when compared to specimens A and C. where specimen A has a slag inclusion defect in internal welding, while specimen C shows a wide HAZ when compared to specimens A and B. The microstructure test shows that microstructure types that appear in specimens A, B and C are ferrite and pearlite. In specimen A, the HAZ shows pearlite and Widmanstatten ferrite that has large grain size with almost the same orientation, that lets a crack propagation occur easily. Whereas in specimens B and C, the HAZ shows pearlite and acicular ferrite with fine grains which have higher toughness compared to other micro structure.

Keywords: *visual inspection, penetrant test, radiography test, macro structure, micro structure, welding, SMAW*

PENDAHULUAN

Proses Pengelasan digunakan pada beberapa bidang industri diantaranya seperti boiler, perkapalan, pipa saluran bertekanan dan lain sebagainya. Disamping itu proses pengelasan dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian yang sudah aus dan lain-lain. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi merupakan sarana untuk mencapai proses pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat las yaitu kekuatan dari sambungan dan memperhatikan sambungan las sehingga hasil dari pengelasan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Proses pengujian hasil pengelasan yang dilakukan berdasarkan Permenakertrans No.2 tahun 1982 mengenai Klasifikasi juru las di tempat kerja diantaranya pengujian visual, radiografi, makropis, dan sifat mekanik. Proses pengujian hasil lasan perlu dilakukan untuk menjamin kekuatan dan keselamatan sambungan las.

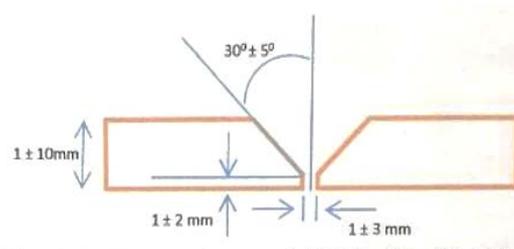
Dibidang pelatihan kerja tepatnya di Balai Latihan Kerja kompetensi Dinas Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Provinsi Jawa Barat, kejuruan Teknik Las, proses pengelasan yang sering digunakan yaitu pengelasan *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*, tebal pelat yang digunakan beragam, dari tebal pelat tipis yaitu ukuran 5 mm sampai pelat tebal dengan ukuran 12 mm, bahan yang digunakan adalah baja karbon ST 37. Menurut *DIN 17100* baja karbon ini banyak digunakan untuk konstruksi umum dan mudah untuk dilakukan pengelasan. Sehingga, penulis mengangkat judul penelitian yaitu analisis pengaruh kuat arus listrik terhadap hasil pengelasan *SMAW* material st 37 dengan elektroda jenis *low hidrogen* pada pengujian visual, radiografi, struktur makro, dan struktur mikro

METODOLOGI

Pada penelitian ini Proses pengelasan yang diamati merupakan proses *SMAW*. Posisi pengelasan 3G dengan sambungan *Butt Joint single V*, dengan teknik pengelasan *Vertical Up*. Material yang digunakan yaitu material baja karbon rendah ST 37 dengan ukuran plat 10 mm x 100 mm x 300 mm (dibevel 30 °). Menggunakan elektroda Jenis *Low Hydrogen* dengan standard AWS A5.1 E 7016 – 52-U untuk *root* diameter 2,6 dan AWS A5.1 E 7016 diameter 3,2 untuk *filling* dan *capping* dengan variasi parameter pengelasan sesuai rekomendasi manufaktur elektroda. Tabel 1 menunjukkan parameter besar arus listrik yang digunakan. Desain sambungan yang digunakan dalam penelitian seperti dalam gambar 1.

Tabel .1 Variasi besar arus

Spesimen A	Spesimen B	Spesimen C
<i>Root</i> : 60 A	<i>Root</i> : 70 A	<i>Root</i> : 80 A
<i>Fill</i> : 80 A	<i>Fill</i> : 100 A	<i>Fill</i> : 120 A
<i>Cap</i> : 80 A	<i>Cap</i> : 100 A	<i>Cap</i> : 120 A



Gambar 1. Desain sambungan las

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian visual, penetrant test, radiografi, metalografi struktur makro, dan metalografi struktur mikro. Dengan mengacu kepada *Acceptable criteria standard* yang digunakan adalah *AWS D1.1. Structural Welding Code-Steel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Visual dan Penetrant

Berdasarkan hasil pengamatan *visual inspection* dan *penetrant test* yang dituangkan dalam dokumentasi dan report pengujian, Berikut hasil pengujian spesimen yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengamatan *visual inspection* dan *penetrant test*

NO.	SPESIMEN MARKING	WELDING DEFECT		RESULT
		WELD FACE	ROOT WELD	
1	A1	excessive reinforcement, Incomplete Fusion, Slag Inclusion, Undercut	Undercut	Rejected
	A2	Incomplete Fusion, excessive reinforcement, Undercut	-	Rejected
	A3	excessive reinforcement, Undercut	Undercut	Rejected
2	B1	Undercut	-	Accepted
	B2	Undercut	-	Accepted
	B3	Undercut	-	Accepted
3	C1	excess Wide Bead, Arc Strike, Undercut, Angular distortion	-	Rejected
	C2	excess Wide Bead, Slag Inclusion, Arc Strike, Undercut	Undercut, root concavity	Rejected
	C3	Angular distortion, excess Wide Bead, Surface cold lap, start stop, Arc Strike, Undercut, Angular distortion	-	Rejected

Dari tabel 2 terlihat bahwa hasil pengelasan pada spesimen A, B, dan C terdapat beberapa cacat. Tidak semua spesimen yang memiliki cacat dikategorikan *rejected*, hal ini dikarenakan penentuan *accepted* dan *rejected* berdasarkan standar yang digunakan yaitu AWS D1.1.

Salah satu cacat yang timbul pada weld face spesimen A adalah *excessive reinforcement*, cacat ini merupakan salah satu jenis cacat pengelasan yang disebabkan salah satunya karena kuat arus listrik yang digunakan saat capping relatif rendah. batas toleransi yang diberikan pada standar AWS D1.1 yaitu 3 mm sedangkan cacat *excessive reinforcement* yang ditemukan pada spesimen A melebihi 3 mm, hal ini menyebabkan seluruh spesimen A dinyatakan *reject* dan perlu dilakukan perbaikan sesuai prosedur. Pada sisi *Weld root* terlihat hasilnya lebih baik, tidak teralalu banyak cacatan.

Pada spesimen B tidak teralalu banyak cacat las yang ditemukan, terlihat cacat las *undercut*, namun hasil pengukuran tercatat kurang dari 1 mm. sehingga spesimen B dinyatakan *accepted*. Pada sisi *weld root* tidak ditemukan cacat. Cacat yang adapun masih masuk toleransi standar.

Spesiman C terlihat memiliki banyak cacat las, diantaranya *sharp and deep undercut*,

setelah diukur melebihi standra yaitu 1,5 mm dimana batas standar yaitu 1 mm. Selain itu,, *wide bead* yang terlalu lebar dan profile las yang buruk membuat hasil seluru spesimen C dinyatakan *rejected*. Pada sisi *weld root* terlihat ada cacat undercut namun tidak dalam, dan di satu lokasi di temukan *root cocavity*.

2. Pengujian Radiographi

Hasil pengamatan uji radiographi ini didapatkan dari interpreter yang telah memiliki kualifikasi di bidang Radiographi interpreter, didapatkanlah data aktual radiographi pada report dan dituangkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengamatan pengujian radiographi

NO	SPESIMEN MARKING	INTERNAL WELDING DEFECT	RESULT
1	A1	Slag Inclusion > 10 mm	Rejected
	A2	Porosity 3 mm Poor Profile	Rejected
	A3	Incomplete Fusion < 2" Porosity 3 mm	Rejected
2	B1	Undercut 0,5 mm	Accepted
	B2	Undercut 0,5 mm	Accepted
	B3	Undercut 0,5 mm cluster Porosity	Accepted
3	C1	Elongated Slag inclusion > 10 mm	Rejected
	C2	Slag Inclusion > 10 mm Porosity 3 mm	Rejected
	C3	Poor Profile Slag inclusion > 10 mm	Rejected

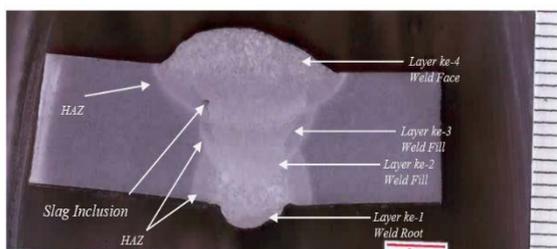
Dari data yang tertuang pada tabel 3 terlihat bahwa cacat pengelasan internal yang banyak timbul pada spesimen A adalah *Slag Inclusion* dan *Incomplete Fusion* salah satu penyebab dari timbulnya cacat tersebut berdasarkan buku *welding inspection* penulis Sri Widharto adalah kuat arus cenderung rendah pada saat pengelasan lajur [1]. Karena cacat tersebut sudah diluar batas penerimaan standard maka spesiman A dinyatakan *rejected*. Sedangkan pada spesimen B tidak terdapat cacat internal namun cacat visual pada *weld face* yaitu *undercut*. Kedalaman undercut masih dalam batas penerimaan, sehingga spesimen B dikategorikan *accepted*.

Cacat las yang timbul pada Spesimen C adalah porosity dan poor profile kedua cacat ini disebabkan salah satunya karena kuat arus pengelasan yang digunakan terlalu tinggi [2]. Sehingga, Karena cacat tersebut sudah diluar batas penerimaan standard maka spesiman C dinyatakan *rejected*.

3. Pengujian Struktur Makro

Setelah dilakukan pengujian methalographi struktur makro dilakukan lah

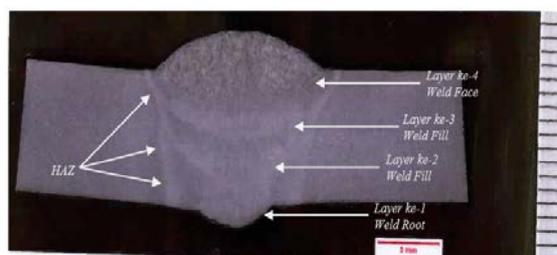
pengamatan hasil langsung dengan mata telanjang untuk memeriksa penetrasi lasan, bentuk lapisan las, ukuran dari daerah pengaruh panah (HAZ), dan kemungkinan munculnya cacat las. Spesimen uji diambil dari potongan benda kerja dengan permukaan halus yang dilapis cairan asam. Berikut merupakan foto struktur makro spesimen A,B dan C.



Gambar 2. Foto pengujian Makro spesimen A

Struktur makro spesimen A memiliki penetrasi lasan yang menonjol dengan ukuran 3 mm bentuk lapisan las terlihat menyatu dengan lapisan las lainnya, sebanyak 4 layer pengelasan terdiri dari lapisan *weld root* pada lapisan pertama, kedua dan ke tiga merupakan lapisan pengelasan *weld fill*, dan yang terakhir atau ke- 4 adalah *weld face/capping*, terlihat *Heat affected zone (HAZ)* yang merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan pengelasan.

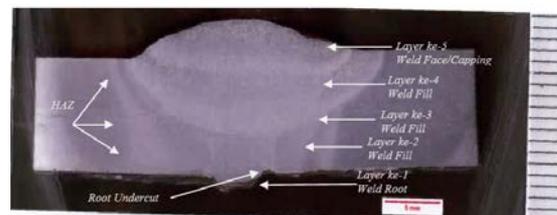
Dari gambar 2 terlihat daerah *HAZ* relatif sedikit jika dibandingkan dengan spesimen B dan C, karena kuat arus yang digunakan pada spesimen A lebih kecil dibandingkan dengan spesimen B dan C. selain daerah *HAZ*, Di lapisan pengelasan layer ke-3 teramati cacat *slag inclusion* (lihat gambar 2), cacat yang teramati sejalan dengan hasil pengamatan cacat las pada pengujian radiografi.



Gambar. 3 Foto pengujian makro spesimen B

Struktur makro spesimen B memiliki penetrasi lasan yang menonjol dengan ukuran 2-2,5 mm, bentuk lapisan las terlihat menyatu

dengan lapisan las lainnya, sebanyak 4 layer pengelasan terdiri dari lapisan *weld root* pada lapisan pertama, kedua dan ke tiga merupakan lapisan pengelasan *weld fill*, dan yang terakhir atau ke- 4 adalah *weld face/ capping*, terlihat *HAZ* relatif sedang dibandingkan dengan spesimen A dan C. Pada spesimen B ini tidak terlihat indikasi cacat.



Gambar. 4 Foto pengujian makro spesimen C

Struktur makro spesimen C memiliki penetrasi lasan yang menonjol dengan ukuran 3 mm, bentuk lapisan las terlihat menyatu dengan lapisan las lainnya, sebanyak 5 layer pengelasan terdiri dari lapisan *weld root* pada lapisan pertama, kedua, ketiga, dan keempat merupakan lapisan pengelasan *weld fill*, dan yang terakhir atau kelima adalah *weld face/ capping*, terlihat daerah *HAZ* dari gambar 3 terlihat daerah *HAZ* relatif lebih lebar jika dibandingkan dengan spesimen A dan B, karena kuat arus yang digunakan pada spesimen C lebih besar dibandingkan dengan spesimen A dan B. selain daerah *HAZ*. Lapisan pengelasan layer ke-1 teramati cacat las *root undercut* (lihat gambar 4), karena cacat las yang teramati masih di cacat yang teramati sejalan dengan hasil pengamatan cacat las pada pengujian visual dan penetrant test.

Dari pengamatan foto struktur makro ketiga spesimen diatas, dapat disimpulkan data seperti dalam tabel 4.

Tabel. 4 Hasil pengamatan pengujian makro

NO	LAYER	WELDING DEFECT	Daerah HAZ
1	4	Slag Inclusion	Sedikit (lihat gambar 2)
2	4	-	Sedang (lihat gambar 3)
3	5	Root Undercut	Lebar (lihat gambar 4)

4. Pengujian Struktur Mikro

Pada pengamatan struktur mikro hasil pengelasan penulis akan membahas daerah hasil pengujian struktur mikro. Sebagaimana

dijelaskan sebelumnya bahwa lokasi pengambilan foto pada spesimen dikategorikan menjadi 3 bagian, yaitu : *base metal* (benda kerja awal), *heat affected zone* (daerah terpengaruh panas) dan *weld metal* (logam las) yang terdiri dari *top weld* dan *root weld*.

Base metal merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur maupun sifat pada logam tersebut. Pada gambar 5 merupakan foto struktur mikro yang didapatkan pada base metal spesimen A, B, dan C.

Berdasarkan diagram fasa *FE-C* foto pengujian struktur mikro pada base metal 500X terlihat base metal baja low karbon ST 37 ini terdiri dari struktur pearlite dan ferrite, seperti yang tampak pada gambar 5, dimana pearlite terdiri dari lapisan cementsite [1]. Pada spesimen A, B, dan C foto struktur mikro tampak sama, hal ini menggambarkan bahwa material yang digunakan pada spesimen merupakan material yang digunakan sama yaitu low carbon steel ST 37.



Gambar. 5 Foto pengujian struktur mikro pada base metal 500X

Pengamatan pada daerah *Heat affected zone* (*HAZ*) yang merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan sehingga daerah ini menjadi daerah paling kritis dari sambungan las karena meninggalkan tegangan sisa. Spesimen A, B, dan C memiliki parameter pengelasan yang berbeda untuk mengetahui perbedaan yang terdapat daerah *HAZ* penulis mengamati hasil pengujian metalografi test struktur mikro pada spesimen seperti gambar 6.

Foto pengujian metalografi test struktur mikro pada *HAZ* 500X berdasarkan diagram fasa *FE-C* [2], terlihat bahwa suhu sekitar 723 C merupakan suhu transformasi austenite menjadi fasa pearlite (yang merupakan gabungan fasa

ferrite dan *sementite*). Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi eutectoid dan merupakan dasar proses perlakuan panas dari baja. Bila baja dipanaskan hingga mencapai suhu austenite dan kemudian didinginkan perlahan-lahan selama beberapa jam untuk mencapai suhu kamar, maka sutruktur fasa yang dihasilkan adalah campuran dari ferrite dan sementite.

Waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan jenis struktur mikro yang paling banyak terbentuk adalah *ferrite Widmanstatten*. Kandungan oksigen yang besar juga akan menyebabkan terbentuknya *ferrite Widmanstatten* dan ferit batas butir dengan ukuran yang besar. Seperti di jelaskan Abson dan Pargeter jika temperatur pengelasan lebih rendah maka akan terbentuk *ferit Widmanstatten*. Jenis struktur mikro ini terbentuk pada temperatur 750°C – 650°C disepanjang batas butir. Seperti yang terlihat pada gambar 6. dimana Terlihat saat perlakuan pada spesimen A di daerah *HAZ* pembesaran 500x, terlihat fasa berbentuk tajam. Fasa tersebut adalah fasa *Ferrite Widmanstatten* memiliki ukuran butiran besar dengan orientasi arah yang hampir sama sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak [8].

Sedangkan hasil foto butiran pada spesimen B dan C akan lebih baik karena distribusi ukuran ferrite yang lebih rata dan halus dibandingkan dengan A. jika dilihat bentuk butiran yang timbul merupakan *Ferrite Acicular*, dimana *Abson dan Pargeter* menjelaskan bahwa *Ferrite Acicular*, berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya jenis struktur mikro *acicular ferit* terbentuk sekitar temperatur 650°C dan mempunyai ketangguhan lebih tinggi dibanding struktur mikro yang lain [2]. Setelah melakukan pengamatan pada daerah base metal dan *HAZ*, selanjutnya yang akan diamati adalah bagian *weld metal*, *Weld metal* adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku, komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda [3]. Dimana bagian *weld metal* yang diamati ada dua lokasi, yaitu *top weld* dan *root weld* (gambar 7 dan gambar 8).

Baja carbon rendah seperti ST 37 dengan nilai carbon 0,17 akan mengalami perubahan struktur mikro menjadi beberapa jenis setelah dilas, dimana sifat-sifatnya masing-masing struktur mikro tersebut berbeda beda baik dari kekerasan, kuat tarik mupun sifat-sifat lain seperti kepekaan terhadap keretakan dan serangan karat.

Struktur fasa yang muncul saat mengamati hasil struktur mikro pada gambar 7 dan 8 adalah ferrite dan pearlite namun terlihat bentuk butiran berbentuk manik-manik (*columnar bead*). Sifatnya mirip dengan memiliki ukuran butiran besar dengan fasa *Ferrite Widmanstatten* dimana orientasi arah yang hampir sama sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak [2]. Namun pada *root weld* hasil foto spesimen B dan C terlihat bentuk fasa yang rata, lebih halus dan berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya jenis struktur mikro *acicular ferit* yang mempunyai ketangguhan lebih tinggi dibanding struktur mikro yang lain.

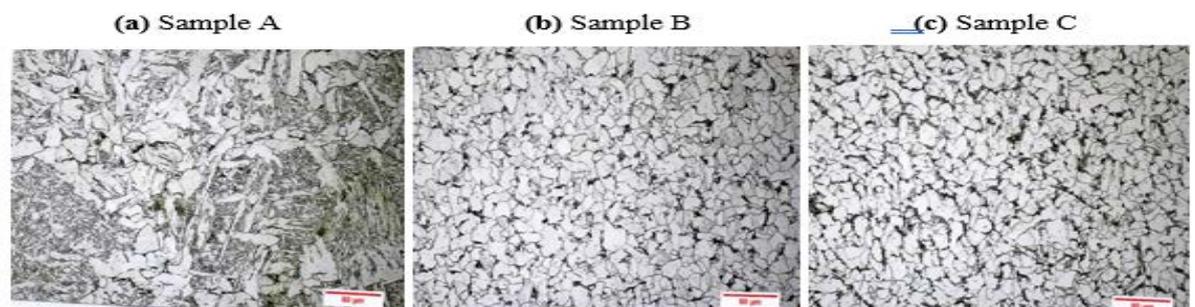
Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa secara umum pada spesimen

A, B dan C jenis struktur mikro yang muncul adalah ferrite dan pearlite, namun disetiap lokasi pengambilan foto struktur mikro terdapat perbedaan bentuk butiran. Pada daerah *HAZ* spesimen A terlihat pearlite dan *ferit Widmanstatten* dengan butiran yang lebih tajam, sedangkan pada daerah *HAZ* spesimen B dan C terlihat pearlite dan *acicular ferit* dengan butiran yang halus.

Berbeda dengan daerah top weld dan root weld pada spesimen A terlihat keduanya merupakan fasa *pearlite* dan *ferit Widmanstatten* sedangkan pada spesimen B dan C pada top weld butiran terlihat tajam layaknya *ferit Widmanstatten* dan *pearlite*, sedangkan pada root weld butiran terlihat seperti butiran pada base metal dengan fasa *pearlite* dan *acicular ferit*.



Gambar 7. Foto pengujian struktur mikro pada top weld 500X



Gambar 8. Foto pengujian struktur mikro pada bottom weld 500X

KESIMPULAN

Hasil pengujian visual, penetrant test dan radiografi test, spesimen B dinyatakan *accepted* sedangkan A dan C dinyatakan tidak sesuai dengan kriteria standard sehingga dinyatakan *rejected*. Pada pengujian struktur makro B memiliki hasil yang paling baik jika dibandingkan specimen A dan C. dimana spesimen A terdapat cacat *slag inclusion* pada internal pengelasan dan, sedangkan specimen C terlihat daerah *HAZ* yang lebar jika dibandingkan dengan spesimen A dan B.

Hasil pengujian struktur mikro secara

keseluruhan jenis struktur mikro yang muncul pada spesimen A, B dan C adalah ferrite dan pearlite. Pada spesimen A daerah *HAZ* terlihat pearlite dan *ferit Widmanstatten* dengan memiliki ukuran butiran besar dengan orientasi arah yang hampir sama sehingga memudahkan terjadinya perambatan retak, sedangkan pada spesimen B dan C daerah *HAZ* terlihat pearlite dan *acicular ferit* dengan butiran yang halus dimana mempunyai ketangguhan lebih tinggi dibanding struktur mikro yang lain.

Kuat arus yang menghasilkan pengelasan paling baik pada proses *SMAW*

posisi 3G material ST 37 dengan tebal 10 mm berdasarkan pengujian visual, penetrant test, radiografi, struktur makro dan mikro yang telah dilakukan. Didapatkan lah hasil tersebut dimana kuat arus pengelasan *root* 70 ampere, *fill* 100 ampere dan capping 100 ampere.

SARAN

Perlu dilakukan jenis pengujian yang lain dalam penelitian selanjutnya seperti pengujian Kekerasan, keuletan, dan kekuatan tarik agar data penelitian pengaruh kuat arus ini dapat lebih akurat dan sempurna. Perlu dilakukan pengujian secara mekanik pada bagian memanjang penelasan untuk mengetahui kesetabilan pada pengelasan.

Perlu dilakukan penelitian pada material yang berbeda, seperti stainless, alumunium, titanium, dll. Agar dilakukan dengan proses pengelasan dan posisi pengelasan yang berbeda. Seperti proses GMAW, GTAW, atau SAW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik. Alhamdulillah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Widharto "Welding Inspection" *Mitra Wacana Media*, (2013): 9-10
- [2] Winarto, The Japan Welding Society, Asosiasi Pengelasan Indonesia. "TEKNOLOGI PENGELASAN", The Japan Welding Society, (2010): 93
- [3] Abson, D. J. dan Pargeter, R. J., 1986, Factors Influencing Strength, "Microstructure and Toughness of as Deposited Manual Metal Arc Welds Deposited Manual Metal Arc Welds Suitable for CMn Steel Fabrications, International Metal Reviews", vol. 31, No. 4, 141-193