

Study the strength of the SMAW Welding Method connection with low carbon steel GTAW for repeated load applications

Toto Triantoro*, Agneta Grace Pessireron

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi - Bandung

*Corresponding author: trians65@yahoo.co.id

Abstract. The most popular welding methods in Indonesia are the SMAW (Shield Metal Arc Welding) and GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). methods. The advantages of welding are, lightweight construction, high strength, easy implementation, economical. The disadvantage is that there is a change in the microstructure, physical and mechanical properties, if it will receive a large and repetitive burden as a continuation of the head tube product. Changes in the microstructure in the welding area, will decrease the strength of the material due to residual stress, and defects, welding cracks become its own constraints. This study will compare the strength of welding results between the SMAW method, with low carbon steel GTAW (0.15% - 0.25% C), with a single V connection form for repeated load applications. The results of welding of the ability of tensile strength, hardness and microstructure examination as as in the weld metal, heat affective zone and base metal focus areas will be analyzed. Determining the welding parameters with the SMAW method for the application of repetitive load strength using low carbon steel is not easy, cracking often occurs. While welding using the GTAW method the welding results are very strong, but the hardness in the weld metal area is very large and brittle. The difference in hardness between weld metal and heat affected zone is quite significant, so failure in the area between weld metal and large HAZ is possible. This research, to get the right parameters from the two welding results is based on the AWS standard (American Welding Standard)

Abstrak. Metoda pengelasan paling populer di Indonesia adalah, metoda SMAW (Shield Metal Arc Welding) dan, GTAW (Gas Tungsten Arc Welding). Kelebihan pengelasan adalah, konstruksi ringan, kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, ekonomis. Kelemahannya terjadi perubahan strukturmikro, sifat fisik maupun mekanis, bila akan menerima beban besar dan berulang sebagai proses lanjutan produk kepala tabung. Perubahan strukturmikro pada daerah las, akan turun kekuatan bahan akibat adanya tegangan sisa, dan cacat, retak pengelasan menjadi kendala tersendiri. Penelitian ini akan membandingkan kekuatan hasil pengelasan antara metoda SMAW, dengan GTAW baja karbon rendah (0,15% - 0,25% C), dengan bentuk sambungan *single V* untuk aplikasi beban berulang. Hasil pengelasan dari kemampuan kekuatan tarik, kekerasan dan pemeriksaan serta struktur mikro di daerah *Weld metal*, *heat affective zone* dan *Base metal* fokus akan dianalisa. Menentukan parameter pengelasan dengan metoda SMAW untuk aplikasi kekuatan beban berulang menggunakan baja karbon rendah tidak mudah, retak sering terjadi. Sedangkan pengelasan menggunakan metoda GTAW hasil pengelasan sangat kuat, tetapi kekerasan di daerah *weld metal* sangat besar dan getas. Perbedaan kekerasan antara *weld metal* dan *Heat Affective Zone* cukup signifikan, sehingga gagal didaerah antara *weld metal* dan HAZ besar di mungkinkan. Penelitian ini, untuk mendapatkan parameter yang tepat dari kedua hasil pengelasan tersebut berdasarkan standart AWS (Amerika Welding Standart)

Kata kunci: Pengelasan SMAW dan GTAW, Kekuatan, Baja karbon rendah, Sifat mekanik.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kemajuan teknologi pengelasan serta kebutuhan untuk menghasilkan kekuatan sambungan pengelasan sebagai aplikasi pembentukan untuk beban berulang perlu dilakukan. Penggunaan metoda pengelasan dengan biaya yang rendah sangat dibutuhkan pada dunia industri manufaktur menengah kebawah. Seiring dengan lesunya kondisi industri manufaktur menengah kebawah, mendorong peneliti untuk melakukan kajian khususnya tentang teknologi pengelasan dengan

biaya yang rendah. Teknologi pengelasan merupakan bagian dari industri manufaktur di negara ini yang menunjang atau akan meningkatkan pendapatan di sektor industri menengah kebawah. Konstruksi yang kuat menjadikan teknologi pengelasan menjadikan, salah satu pilihan utama pada pembangunan rekayasa industri. Kualitas hasil pengelasan tidak hanya dapat dilihat secara visual, namun harus diketahui secara terstruktur.[1]

Dari seluruh jenis pengelasan yang paling populer di Indonesia, metoda pengelasan dengan

menggunakan busur nyala listrik yaitu metoda SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan GTAW (*Gas Tungsten Inert Art Welding*) yang paling umum digunakan. Kelebihan dari sambungan pengelasan adalah, konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan strukturmikro bahan hasil pengelasan, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun sifat mekanis dari bahan tersebut, apalagi yang nantinya akan menerima beban besar dan berulang sebagai proses lanjutan untuk membuat produk jadi. Selain itu kelemahan dari proses pengelasan diantaranya adalah timbulnya lonjakan tegangan yang besar disebabkan oleh perubahan strukturmikro pada daerah pengelasan yang menyebabkan turunnya kekuatan bahan akibat adanya tegangan sisa dan cacat serta retak akibat proses pengelasan.[2]

Keutamaan pada penelitian ini adalah, untuk mendapatkan parameter pengelasan yang tepat pada kedua metoda pengelasan yang diterapkan sebagai aplikasi beban besar dan berulang. Pada prinsipnya pembentukan logam adalah perubahan bahan secara plastis, sedangkan pembentukan pada temperatur dibawah rekristalisasi (*cold work process*) akan terjadi perpecahan butir. Bahan akan mengalami pergeseran atom - atom dan *distorsi kisi* yang dapat merubah sifat fisik dan mekanik dari bahan tersebut [13]. Tetapi proses ini tidak terlalu mahal dimana pengendalian demensi dapat dikontrol dengan baik dan permukaan tidak teroksidasi dan mulus, apalagi bahan tersebut telah mengalami proses pengelasan. Pada proses pengelasan, ada pengaruh panas atau *heat input* akibat proses pengelasan tersebut.

Potensi hasil penelitian diharapkan akan menjadikan sebagai refferensi atau menjadikan rekomendasi pada operasi proses pengelasan dengan standart AWS (*America Welding Standart*) perbandingan antara dua metoda pengelasan antara, metoda SMAW dengan GTAW untuk bahan baja karbon rendah dengan biaya operasional yang murah dan ekonomis dari segi operasional dan prosesnya. Hasil penelitian ini juga diharapkan sebagai bahan masukan bagi para pelaku industri manufaktur menengah yang terkait dengan proses pengelasan bahan baja karbon rendah dengan atau untuk aplikasi pada pembuatan kepala tabung umumnya atau untuk beban besar dan berulang yang diterapkan pada hasil pengelasan tersebut. khususnya di Indonesia dan di sekitar daerah Jawa Barat.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah, metoda eksperimen dan *absorvansi*,

membandingkan hasil pengelasan dari dua metoda pengelasan antara metoda SMAW dengan GTAW terhadap mutu hasil pengelasan, sebagai penelitian pada tahun pertama. Sedangkan pada penelitian tahun kedua pengelasan diaplikasikan dengan proses pembentukan yaitu, pada proses *spinning*, dimana beban berulang diterapkan dari hasil perbandingan dua metoda pengelasan tersebut.

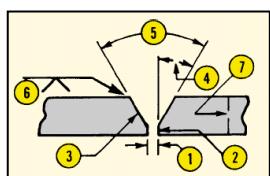
Peneliti dilakukan, dengan persiapan bahan dan peralatan, disesuaikan dengan sampel yang akan dilakukan. Bahan dipotong disesuaikan dengan ukuran yang direncanakan baik pada tahun pertama maupun pada tahun kedua. Rancangan percobaan dilakukan dari keseluruhan parameter proses pengelasan disesuaikan dengan standart AWS baik itu metoda SMAW maupun GTAW. Rancangan disesuaikan dengan kondisi di industri manufaktur yang terkait, maupun dibengkel serta di laboratorium yang akan digunakan.

Bahan baja karbon rendah, diuji komposisinya dengan metoda *spectrum*. Pengujian kekerasan dengan metoda vicker, pemeriksaan strukturmikro juga dilakukan sebagai control terhadap kekerasan yang didapat. Bahan dipotong dilakukan sebagai persiapan pengelasan. Pembuatan alur pengelasan *single V* menggunakan mesin skrap sudut bevel 60°. Pengelasan SMAW standart AWS A-1.5, elektroda E-7016, diameter elektroda 3,2 mm, amper 115 Amp, tegangan 30 volt, kecepatan 134 mm/menit. Pembandingnya metoda GTAW, standart AWS A-5 1.8. Tipe elektroda ER 70-S, gas pelindung *argon*, diameter elektroda 3,2 mm, amper 140 Amp, tegangan 30 Volt, kecepatan 134 mm/menit. Pemeriksaan *dypenetrant*, pengujian kekerasan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal* pada posisi tebal pelat. Strukturmikro juga diperiksa hasil pengujian kekerasan tersebut. Bahan hasil pengelasan di potong dan dilanjutkan dengan membuat sampel pengujian tarik sebanyak masing – masing tiga sampel dengan kondisi yang sama, dengan standart ASTM A380 menggunakan mesin *fraies*. Diharapkan semua sampel putus pada daerah *base metal*, sehingga parameter yang digunakan serta *welder* yang melakukan pengelasan dengan kondisi yang baik. Selanjutnya dilanjutkan dengan memeriksa pada semua sampel setelah dilakukan pengelasan dan akan dilakukan pengujian tarik, posisi tebal pelat pada ketiga daerah pengelasan tersebut pada posisi atas, dan bawah.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia bahan dasar benda kerja ASTM A-36 dengan menggunakan metoda mesin *spectrometer*. Adalah, presentase kadar karbon 0,06 % dengan kandungan besi mencapai 98,7 % dengan presentase seperti ini

bahan dasar ini, tergolong pada baja karbon rendah. (Sumber : Sertifikat No : 067 / SKET / lab. logam/VI/2019) dan berdasarkan standart kadar karbon tersebut kurang dari 0,2%. Bahan pelat dengan tebal 6mm di potong dengan jarak, 150mm x 250mm sesuai dengan ukuran yang direncanakan. Kedua ujung lembaran pelat tersebut dibuat bivel dengan bentuk sambungan singgel V(lihat gambar 1) menggunakan mesin gerinda tangan. Bentuk sambungan ini dipilih karena, pada posisi atas bentuk celah terbuka dan pasisi bawah celah tertutup.



Gambar 1. Bentuk sambungan singgel V

Langkah selanjutnya adalah, dilakukan proses pengelasan dua *layer* dengan menggunakan kedua metoda pengelasan yaitu, metoda SMAW dan GTAW menggunakan parameter pengelasan berdasarkan spesifikasi standart AWS seperti pada keterangan di metoda penelitian. Kecepatan pengelasan di hitung seperti pada table dibawah ini.

Tabel 1. Kecepatan pengelasan metoda SMAW

| No | Proses Las | Elektroda | | Listrik | | Polaritas | Kecepatan Pengelasan (mm/detik) |
|----|----------------|-----------|---------------|---------|----------|-----------|---------------------------------|
| | | No | Diameter (mm) | Amp (A) | Volt (V) | | |
| | | AWS | | | | | |
| 1 | <i>Rooting</i> | E7016 | 3,2 | 77 | 22,5 | DCEN | 2,01 |
| 2 | <i>Filler</i> | E7016 | 3,2 | 121 | 28,3 | DCEP | 3,08 |

Tabel 2. Kecepatan pengelasan metoda GTAW

| No | Proses Las | Elektroda | | Listrik | | Polaritas | Kecepatan Pengelasan (mm/detik) |
|----|----------------|-----------|----------|---------|------|-----------|---------------------------------|
| | | No | diameter | Amp | Volt | | |
| | | AWS | (mm) | (A) | (V) | | |
| 1 | <i>Rooting</i> | ER70S6 | 3,2 | 100 | 11,7 | DCEN | 0,44 |
| 2 | <i>Filler</i> | ER70S6 | 3,2 | 120 | 12,0 | DCEP | 0,82 |

Dari hasil perhitung kecepatan pengelasan terlihat bahwa metoda GTAW lebih lambat dibanding dengan SMAW baik pada proses rooting maupun filler. Perhitungan heat input atau masukan panas dapat dilakukan setelah kita dapat menghitung kecepatan pengelasannya. Menggunakan persamaan :

$$HI = t \frac{E \times I}{v} (J/mm) \quad (1)$$

Dimana:

HI : Heat input

t : Waktu

E : Tegangan busur las

I : Arus busur las

v : Kecepatan las

Perhitungan *heat input* atau masukan panas akibat pada proses pengelasan metoda SMAW untuk satu sampel proses adalah; sebesar 26,25 kJ/mm

$$HI = 60 \frac{22,5 \text{ volt. } 99 \text{ ampere}}{5,09 \text{ mm/detik}} = 26,25 \text{ kJ/mm}$$

Sedangkan perhitungan *heat input* atau masukan panas untuk proses pengelasan metoda GTAW untuk satu sampel proses adalah; sebesar; 61,28 kJ/mm

$$HI = 60 \frac{11,7 \text{ volt. } 110 \text{ ampere}}{1,26 \text{ mm/detik}} = 61,28 \text{ kJ/mm}$$

Berarti proses pengelasan menggunakan metoda GTAW dimana masukan panasnya akibat dari proses pengelasan lebih besar dibanding dengan proses pengelasan metoda SMAW. Sehingga hasil dari proses pengelasan tersebut akan menjadi lebih keras dan getas akibat proses pengelasan metoda GTAW tersebut.



Gambar 2. Hasil pemeriksaan *dypenetrant*.

Selanjutnya dilakukan proses penghilangan *kepping* hasil pengelasan tersebut dengan menggunakan mesin gerinda tangan, agar proses penyambungan dua pelat dengan proses pengelasan tidak terlihat hasil pengelasannya. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pemeriksaan tidak merusak atau NDT, dengan menggunakan metoda *Dypenetrant* metoda ini digunakan mengingat tebal pelat kurang dari 10mm. (lihat gambar 2). Dari data yang didapat terlihat dari hasil pemeriksaan *dypenetrant* pengelasan dengan metoda SMAW masih ada cacat. Hal ini membuktikan bahwa metoda pengelasan SMAW hasil tidak begitu bersih, hasilnya dibandingkan dengan pengelasan metoda GTAW.

Setelah itu dilakukan penyiapan sampel untuk dilakukan pengujian tarik. Bahan dipotong menggunakan mesin *hydraulic-pan* sesuai dengan ukuran standart pengujian tarik yang direncanakan yaitu, Standart ASTM A-380, masing – masing sampel dibuat 3 sampel dengan kondisi yang sama

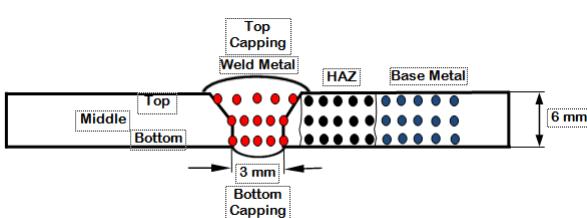
dan dilanjutkan dengan pengujian tarik menggunakan mesin petron kapasitas 100 Ton.

Tabel 3. Hasil pengujian tarik

| No | Sampel | Ultimate Tensile Strength (N/mm ²) | Tensile Stress Yield (Kgf/mm ²) | Beban Maksimum (KN) | Keterangan |
|---------------------|-----------|--|---|---------------------|----------------------|
| Raw Material | | | | | |
| 1 | Sampel S1 | 585,26 | 437,75 | 43,894 | Putus di logam dasar |
| 2 | Sampel S2 | 598,26 | 456,63 | 44,869 | Putus di logam dasar |
| 3 | Sampel S3 | 577,93 | 424,24 | 43,344 | Putus di logam dasar |
| | Rata-rata | 587,15 | 439,54 | 132,107 | |
| Metoda SMAW | | | | | |
| 1 | Sampel S1 | 539,42 | 367,07 | 40,456 | Putus di logam dasar |
| 2 | Sampel S2 | 196,71 | 196,5 | 14,753 | Putus di logam dasar |
| 3 | Sampel S3 | 591,20 | 460,03 | 44,339 | Putus di logam dasar |
| | Rata-rata | 442,4 | 341,2 | 33,183 | Putus di logam dasar |
| Metoda GTAW | | | | | |
| 1 | Sampel G1 | 580,11 | 413,09 | 43,507 | Putus di logam dasar |
| 2 | Sampel G2 | 606,82 | 455,33 | 45,511 | Putus di logam dasar |
| 3 | Sampel G3 | 587,75 | 437,56 | 44,081 | Putus di logam dasar |
| | Rata-rata | 591,56 | 435,32 | 44,366 | |

Dari hasil pengujian tarik semua sampel hasil dari kedua metoda pengelasan, putus pada daerah *base metal* atau logam dasar, hal ini membuktikan bahwa standart spesifikasi yang digunakan terkait parameter pengelasan yang digunakan sudah tepat dan *welder* yang melakukan pengelasan baik. Sedangkan hasil rata – rata kekuatan tarik dari hasil pengelasan tersebut dengan metoda GTAW sebesar: 591 kgf/mm² dibanding hasil pengelasan metoda SMAW sebesar: 442 kgf/mm², dimana metoda pengelasan GTAW kekuatan tariknya mendekati dari kekuatan tarik sampel Raw material sebagai bahan dasar penelitian yang dilakukan. Sedangkan beban maksimum pada metoda pengelasan GTAW rendah sekitar 44,366 KN, dibanding kekuatan beban maksimum metoda SMAW sebesar 33,183 KN. Metoda GTAW beban maksimumnya juga mendekati beban maksimum Raw material sebesar, 43,344 KN.

Langkah selanjutnya dari penelitian ini dimana masing – masing sampel di potong searah dengan tebal pelat yang dilakukan pada penelitian tersebut untuk dilakukan pengujian kekerasan, dengan fokus pada tiga daerah pengujian yaitu; daerah *weld metal*, HAZ (*Heat Affective Zone*) dan daerah *base metal* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Daerah, posisi pengujian kekerasan.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metoda makro Vickers dengan beban pengujian sebesar; 100 kgf menggunakan mesin Alpadurometer, mengingat tebal pelat 6mm maka pengujian kekerasan difokuskan pada daerah atas dan bawah.

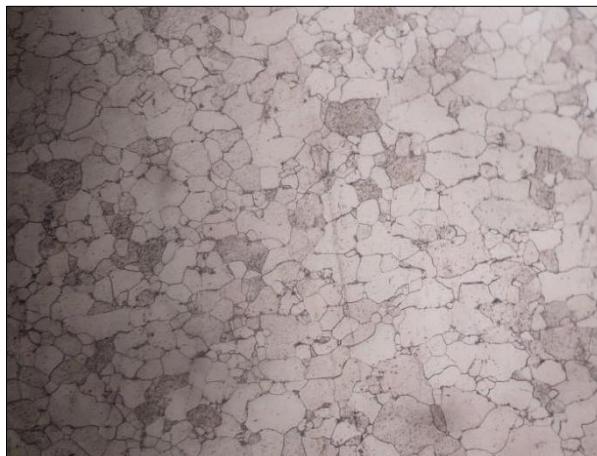
Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan

| Zona | Posisi | Hardnes Vickers Number | | | Rata - rata |
|--------------|--------|------------------------|-----|-----|-------------|
| | | 285 | 264 | 264 | |
| Raw Material | | | | | 271 Hv |
| Metoda SMAW | Atas | 309 | 309 | 286 | 302 Hv |
| | Bawah | 309 | 309 | 286 | 302 Hv |
| Metoda SMAW | Atas | 309 | 286 | 265 | 287 Hv |
| | Bawah | 286 | 286 | 286 | 286 Hv |
| Metoda SMAW | Atas | 286 | 265 | 248 | 267 Hv |
| | Bawah | 286 | 286 | 248 | 267 Hv |
| Metoda GTAW | Atas | 338 | 338 | 309 | 329 Hv |
| | Bawah | 338 | 338 | 326 | 334 Hv |
| Metoda GTAW | Atas | 309 | 286 | 286 | 294 Hv |
| | Bawah | 309 | 309 | 265 | 295 Hv |
| Metoda GTAW | Atas | 265 | 248 | 265 | 260 Hv |
| | Bawah | 286 | 265 | 265 | 272 Hv |

Dari hasil pengujian kekerasan rata – rata kekerasan pada daerah *weld metal* kekerasan meningkat dimana untuk metoda pengelasan SMAW kekerasannya sebesar; 302 Hv baik pada posisi atas maupun bawah. Sedangkan pengelasan metoda GTAW kekerasannya sebesar; 329 Hv pada posisi atas dan 334 Hv pada posisi bawah. Berarti ada peningkatan kekerasan sebesar 32 Hv dibanding metoda pengelasan SMAW. Sedangkan pada daerah HAZ metoda GTAW sekitar 295 Hv baik pada posisi atas maupun bawah. Pada daerah *base metal* kekerasan pengelasan metoda GTAW sebesar; 272 Hv pada posisi bawah dan posisi atas 260 Hv. Sedangkan pengelasan metoda SMAW sebesar 267 Hv baik pada posisi atas maupun bawah.

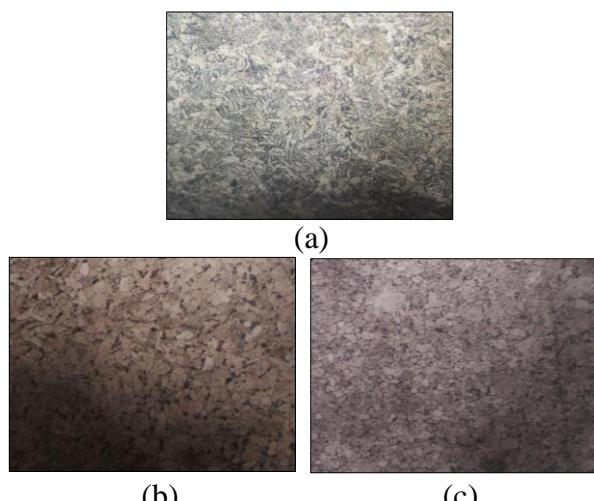
Pemeriksaan strukturmikro juga dilakukan pada tiga daerah pengamatan yaitu: daerah *weld metal*, daerah HAZ dan daerah *base metal* dimana tiga daerah tersebut yang umum dilakukan untuk Analisa dan pemeriksaan akibat dari proses pengelasan dengan menggunakan metoda pengelasan apapun.

Pemeriksaan strukturmikro dilakukan dengan berbagai tahapan proses mulai dari pemotongan sampel, proses *mounting*, proses *grinding* dan proses *polishing*. Setelah itu dilakukan proses *etching* menggunakan cairan *nital* 2%. Selanjutnya dapat dilihat menggunakan *mikroskope optic* merk Nikon, dengan pembesar 200x. Proses *etching* harus betul hati – hati kalau waktu *etc* terlalu lama maka akan terjadi *over etc* gambar tidak bisa didapat sebab akan berwarna hitam. Hal ini sering terjadi terutama sampel yang sudah mengalami masukan panas akibat dari proses pengelasan.



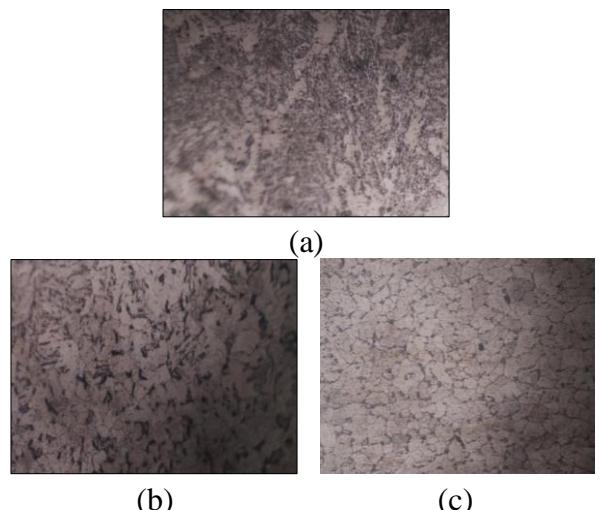
Gambar 4. Struktur mikro Raw material (200x)

Strukturmikro yang didapat masih di dominan oleh struktur *ferrit* yang terlihat terang sedang ada sedikit *perlite* yang terlihat gelap atau abu - abu. Hal ini membuktikan bahwa material yang digunakan adalah, digolongkan jenis baja karbon rendah, sebab strukturmikro yang didapat hanya terdiri dari *ferrit* dan sedikit *perlite*.



Gambar 5. Struktur mikro setelah pengelasan metoda SMAW a) daerah *weld metal* b) daerah HAZ dan c) daerah *base metal* setelah pengujian tarik etc nital 2% dengan pembesar (200x)

Pada daerah *weld metal* terlihat akibat pengaruh panas ada perubahan strukturmikro yang terjadi adanya sedikit *bainit* yang bulat gepeng yang tersusun bertumpukan antara *perlite* dan *ferrit*, dan *martensite* yang terlihat lebih banyak dibanding struktur *bainit* dimana strukturnya berbentuk tajam - tajam hal ini dibuktikan bahwa kekerasan di daerah *weld metal* kekerasannya lebih besar dibandingkan pada daerah HAZ maupun daerah *base metal* (lihat gambar 5).



Gambar 6. Strukturmikro setelah pengelasan metoda GTAW a) daerah *weld metal* b) daerah HAZ dan c) daerah *base metal* setelah pengujian tarik etc nital 2% dengan pembesar (200x)

Pada daerah *weld metal* terlihat akibat pengaruh panas yang lebih fokus akibat proses pengelasan metoda GTAW sehingga ada perubahan strukturmikro yang terjadi adanya sedikit *bainit* yang bulat gepeng yang tersusun bertumpukan antara *perlite* dan *ferrit*, dan *martensite* yang terlihat lebih banyak dibanding struktur *bainit* dimana strukturnya berbentuk tajam - tajam struktur ini lebih banyak dibanding dengan pengelasan metoda SMAW, hal ini dibuktikan bahwa kekerasan di daerah *weld metal* kekerasannya lebih besar dibandingkan proses pengelasan metoda SMAW, baik pada daerah HAZ maupun daerah *base metal*.(lihat gambar 6).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian spektrometri yang telah dilakukan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan baja A 36 yang termasuk ke dalam baja karbon rendah karena mempunyai persentase kadar karbonnya sebesar; 0,06% dimana baja ini termasuk kedalam baja karbon rendah sebab unsur karbonnya kurang dari 0,2% unsur besi yang dominan sekitar 98,7 % Fe.
2. Berdasarkan pemeriksaan NDT dengan menggunakan metoda *Dypenetrnt* metoda pengelasan SMAW masih ada cacat yang muncul khususnya pada daerah hasil pengelasan. Hal ini disebabkan oleh proses pengelasan metoda SMAW hasil penglasannya tidak cukup bersih. Pada proses pengelasan metoda SMAW elektroda pelindungnya dengan menggunakan bahan kapur *low hidrogen*

mengakibatkan masih terjadi reaksi pada daerah *weld metal* dengan lingkungan yang tidak bersih terutama pada daerah *weld metal* walaupun jenis elektroda E-7016 yang digunakan sudah cukup baik untuk elektroda yang umum ada di pasaran. Sedang pengelasan menggunakan metoda GTAW dengan menggunakan gas pelindung argon sangat baik hasil dari proses pengelasan tersebut terutama pada daerah *weld metal* dimana daerah ini akan terjadi pencairan logam dan pembekuan yang pasti terjadi oksidasi tersebut terutama pada daerah sekitarnya atau lingkungannya. Walaupun pengelasan metoda GTAW sedikit lebih mahal prosesnya dibanding dengan pengelasan metoda SMAW.

3. Dari hasil pengujian tarik dengan menggunakan spesifikasi standart ASTM A-370 semua sampel hasil dari proses pengelasan metoda SMAW maupun metoda GTAW semua sampel putus pada daerah *base metal*. Hal ini menandakan bahwa spesifikasi yang digunakan berdasarkan standart AWS (*American welding standard*)

Dengan standart AWS A-1.5 untuk metoda pengelasan SMAW dengan parameter pengelasan yang digunakan sudah sesuai. Begitu juga dengan pengelasan metoda GTAW dimana standart AWS pengelasan yang digunakan standart AWS A-51.8 juga sudah sesuai. Begitu juga *welder* yang melakukan pengelasan sudah sesuai dan yang bersertifikasi *welder* sebab faktor *welder* juga berpengaruh.

4. Dari hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan metoda Vickers, dimana proses pengelasan GTAW lebih baik hasil pengelasannya dibanding dengan proses pengelasan metoda SMAW, tetapi dari segi kekerasannya terutama pada daerah *weld metal* dari proses pengelasan ini menjadi lebih keras. Hal ini yang menjadikan perhatian pada penelitian yang dilakukan ini sebab dari hasil pengelasan yang dihasilkan nantinya, untuk langkah selanjutnya akan dilakukan proses pembentukan dengan beban besar dan berulang untuk aplikasi pada pembuatan kepala tabung, sebagai wadah bahan bakar *Liquit Natural Gas* (LNG) dengan proses pembentukan pengerjaan dingin *process cold work*. Sebagai pengurangan biaya pada proses pembentukan tersebut.

Penghargaan

Proses pengelasan dilakukan di B4T (Balai Besar Bahan dan Barang Teknik), Jalan Sangkuriang No.14 Bandung, Jawa Barat 40135. Pengujian dan pemeriksaan di laboratorium material dan persiapan sampel pada laboratorium Proses

Produksi Jurusan Teknik Mesin UNJANI. Serta dukungan dana penelitian dari LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat) Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO BOX 148 Cimahi - Bandung.

Referensi

1. http://www.com/doc/Industri Manufaktur_diakses; (12 Oktober 2018)
2. Kirono, S, Sanjaya. A. (2014) "Pengaruh hasil pengelasan GTAW dan SMAW pada pelat baja SA 516 dengan kampuh tunggal terhadap kekuatan tarik, kekerasan, strukturmikro" SINTEK VOL 7 NO 1.
3. http://www.scribd.com/doc/31678074/SMAW-dan-GTAW_diakses; (12 Oktober 2018)
4. Wardoyo, T.T.B, S. Izman, and D. Kurniawan. (2013)"Effect of Process Parameters on Quality of Cold Spinned Tube Head" International Journal of Applied Mechanics and Materials Vol. 315 pp 739 - 743.
5. Wang, C.C, Dean, T.A, Lin. (2006)"A review of the mechanics of metal spinning" International Journal of Machine Tools & Manufacture Vol. 34 pp 1419 - 1435.
6. Music, O.J.M, Allwood, Kawal, K. (2010) "A review of the mechanics of metal spinning" International Journal of Materials Process Technology Vol. 210 pp 3 - 23.
7. Wardoyo, T.T.B, S, Izman, and D, Kurniawan. (2014)" Effect of Butt Joint on Mechanical Properties of Welded Low Carbon Steel " International Journal of Advanced Materials Research Vol. 845 pp 775-778.
8. Wardoyo, T.T.B, S. Izman, Syarif, S, and D. Kurniawan. (2015) "Effect of Butt Joint on Mechanical Properties of Welded Low Carbon Steel" International Journal of Advanced Materials Research Vol. 845 pp 775-778.
9. ISO.9692-1. (2009)“ Internasional Standart Organization “
10. Welding Hand Book. (2012)"Standart Welding Processes" Clearance, Center Inc USA.
11. ASMI. (2003) " International Amerika Standart Material" Clearance, Center Inc USA.
12. Degarmo, E.P. (2006) "Materials and Processes in Manufaktur "(edisi.VI) John Willey Sons and New York.
13. Groover, M.P. (2006) "Fundamentals of Modern Manufacturing"(edisi.IV) Clearance. Center Inc USA.
14. Miller, electric, MFG. (2008) "Guiledelines for gas tungsten arc welding (GTAW)" Miller electric.USA.

15. Serope, K. (2006) “*Manufacturing Processes for Engineering Materials*” (edisi.VI) Prentice Hall New Jersey.