**STUDI KARAKTERISTIK HASIL PENGELASAN STUD WELDING**

**A36 TERHADAP SA 335 GRADE P9 PADA KONSTRUKSI *FINS* PENUKAR KALOR PIPA CDU**

Haris Budiman

Rochim Suratman

Muki Satya Permana

Magister Teknik Mesin Universitas Pasundan

Abstrak

Pada proses pengolahan minyak mentah atau *crude oil* di sebuah kilang minyak terdapat fasilitas destilasi untuk menghasilkan beberapa produk turunan seperti bensin, solar, avtur, dan lain-lain. Pada proses awal, minyak mentah yang telah ditampung di dalam tangki bahan baku selanjutnya akan dipompa untuk dimasukkan kedalam kolom CDU (*Crude Distillation Unit*), tetapi sebelum dimasukkan ke dalam kolom destilasi, *crude oil* sebelumnya telah dihilangkan kandungan garamnya dengan menggunakan alat yang disebut *desalter*. Dari *desalter* minyak mentah akan dilewatkan pada alat penukar panas untuk menyerap panas.

Tahapan selanjutnya yaitu pipa penyalur minyak tersebut dilewatkan pada sebuah *furnace* untuk memanaskan minyak mentah di dalam pipa. Temperatur minyak mentah setelah meleawati furnace dan saat masuk ke dalam kolom destilasi dipersyaratkan pada 4000C, karena pada temperatur tersebut terjadi pemisahan fraksi-fraksi minyak mentah. Dengan debit minyak mentah di dalam pipa sebesar Q, maka perpindahan panas dari ruang pemanas *furnace* ke dalam minyak mentah di dalam pipa harus berlangsung cepat sehingga pada saat keluar dari *furnace* temperatur minyak mentah mencapai 4000C.

Salah satu cara bagaimana mempercepat laju perpindahan panas dari ruang pemanas *furnace* ke dalam minyak mentah di dalam pipa adalah dengan cara memasang sirip (*fins*) penukar panas di permukaan pipa. Proses pemasangan *fins* penukar panas pada pipa sebagai logam dasar dilakukan dengan cara dilas. Proses pengelasan yang paling sesuai dengan fungsi dari *fins* penukar panas adalah Pengelasan Tembak atau *Stud Welding*. Prinsip dari *Stud Welding* adalah berdasarkan pembangkitan panas dari busur listrik sehingga pada daerah yang terpapar panas dari busur listrik akan terjadi pelunakan. Kemudian dengan efek tembakan dari gun akan menimbukan penetrasi *stud* terhadap logam dasar maka terjadi fusi dan penyambungan.

Material *fins* penukar panas yang digunakan pada penelitian ini adalah A36, silinder pejal dengan panjang 25,4m, dan diameter 12,7mm. Sedangkan material pipa menggunakan SA335 *Grade* P9 Sch.80 (tebal=8.5mm) dengan diameter 4 inchi. Pengelasan dilakukan dengan prinsip semiotomatis dan manual dengan memvariasikan parameter-parameter pengelasan, yaitu arus listrik dan waktu kontak. Pengelasan cara semi otomatis dilakukan pada arus listrik 800-1500 amper dan waktu kontak 0,5 sampai 2 detik. Pengelasan secara manual dilakukan pada arus listrik 300 sampai 400 amper, dan waktu kontak sebesar 2, 4, 6,8 detik. Cacat yang terjadi adalah *incomplete fusion*.

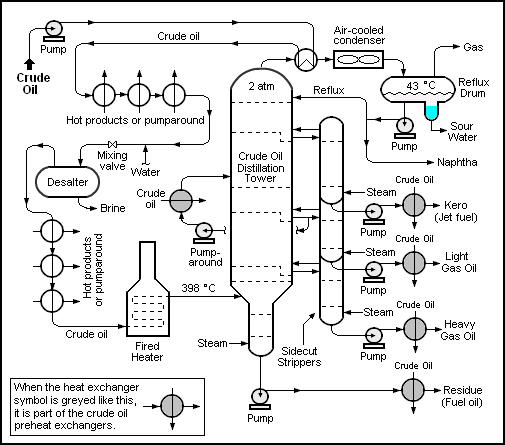
Kata kunci : *Fins* penukar kalor*,* Las Tembak

1. **PENDAHULUAN**

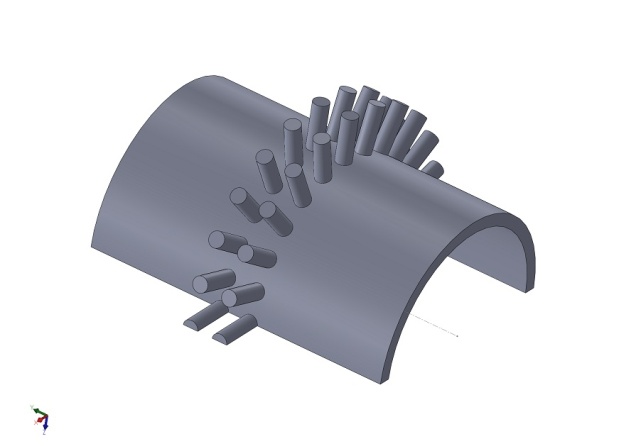
Sistem perpipaan merupakan salah satu hal terpenting dalam kegiatan produksi minyak di sebuah kilang minyak. Salah satu unit produksi tersebut adalah fasilitas penyulingan minyak mentah atau *crude oil* yang menghasilkan produk-produk turunan seperti bensin, avtur, solar, dan produk-produk lainnya. Pada proses awal, minyak mentah yang telah ditampung di dalam tangki bahan baku akan dipompa untuk dimasukkan ke dalam kolom CDU (*Crude Distillation Unit*) seperti yang terlihat pada Gambar I.1. **[1]**

Minyak mentah sebelum dimasukkan ke dalam kolom destilasi tersebut, terlebih dahulu dihilangkan kandungan garamnya dengan menggunakan alat yang disebut *Desalter*. Dari *Desalter* minyak mentah akan dilewatkan pada alat penukar panas untuk menyerap panas. Tahapan selanjutnya yaitu pipa penyalur minyak tersebut dilewatkan pada sebuah *furnace* untuk memanaskan minyak mentah di dalam pipa. Temperatur minyak mentah pada saat masuk ke dalam kolom destilasi dipersyaratkan pada 4000C, karena pada temperatur tersebut terjadi pemisahan fraksi-fraksi minyak mentah. Dengan debit minyak mentah di dalam pipa sebesar Q, maka perpindahan panas dari ruang pemanas *furnace* ke dalam minyak mentah di dalam pipa harus berlangsung cepat sehingga pada saat keluar dari *furnace* temperatur minyak mentah mencapai 4000C.

Salah satu cara bagaimana mempercepat laju perpindahan panas dari ruang pemanas *furnace* ke dalam minyak mentah di dalam pipa adalah dengan cara memasang sirip (*fins*) penukar panas. Proses pemasangan *fins* penukar panas pada pipa sebagai logam dasar dilakukan dengan cara dilas. Proses pengelasan yang paling sesuai dengan fungsi dari *fins* penukar panas adalah Pengelasan Tembak atau *Stud Welding*, oleh karena itu dalam praktek dan beberapa literatur penyebutan istilah *fins* dalam pipa tersebut adalah *stud fins.* Prinsip dari *Stud Welding* adalah berdasarkan pembangkitan panas dari busur listrik sehingga pada daerah yang terpapar panas dari busur listrik akan terjadi pelunakan. Kemudian dengan efek tembakan dari gun akan menimbukan penetrasi *stud* terhadap logam dasar maka terjadi fusi dan penyambungan.



**Gambar I.1 Skema proses destilasi *crude oi*l[1]**



**Gambar 1.2 Konstruksi Pipa dan *Stud Fin***

Material pipa yang digunakan pada penelitian ini adalah SA 335 *Grade P9* atau *Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe* dengan kadar Krom sebesar 1-1,5%, dan Molibdenum sebesar 0,4-0,65%. SA 335 *Grade P9* adalah material yang lazim digunakan dan dapat memenuhi kondisi operasi pada temperatur tinggi**[1]**. Sedangkan material yang digunakan untuk *stud fins* adalah A36 yaitu Baja Karbon Rendah yang mempunyai kadar karbon (C) sebesar 0,26%.

Fabrikasi *fins* terhadap pipa dilakukan dengan *stud welding* metoda semi otomatis, akan tetapi pada beberapa kasus perbaikan diperlukan proses *stud welding* dengan metoda manual. Proses pengelasan manual adalah menggunakan perangkat las yang portabel, sedangkan proses pengelasan semi otomatis menggunakan mesin las otomatis tetap yang dikontrol oleh program PLC. Proses pengelasan semiotomatis dan manual dilakukan pada parameter-parameter pengelasan yang berbeda sehingga memungkinkan terjadi cacat pada hasil pengelasan. Oleh karena itu rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan parameter-parameter pengelasan sehingga menghasilkan lasan yang tidak terdapat cacat pengelasan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan proses pengelasan dengan parameter-parameter yang ditentukan, melakukan pengujian Metalografi sehingga dapat mengetahui karakteristik hasil pengelasan *stud* *fins* terhadap pipa metoda manual dan otomatis.

*Output* yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini berupa data parameter pengelasan, terutama rancangan pengelasan dan hasil pengelasan menggunakan metoda manual. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai rancangan pipa CDU, proses *stud welding* pada fabrikasi *stud fins* terhadap pipa, dan memberikan informasi kepada fabrikator bagaimana metoda perbaikan pada saat proses pengelasan.

Penelitian ini menganalisis kualitas hasil pengelasan dari metoda manual dan semi otomatis, terutama karakteristik daerah sambungan las antara *stud fins* denganpipa. Penelitian ini tidak menganalisis besarnya laju perpindahan panas dari *stud fins* ke permukaan pipa dan fluida di dalam pipa tersebut.

**BAB II**

**DASAR TEORI**

**2.1 Prinsip Pengelasan**

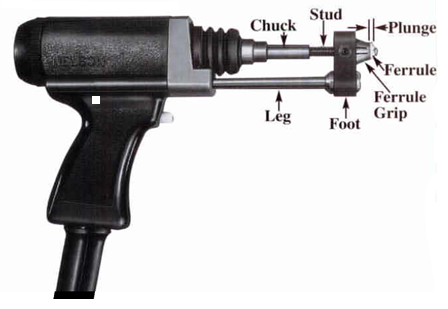
Proses pengelasan memerlukan panas untuk meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Proses pengelasan yang paling umum, terutama untuk mengelas baja, yaitu memakai energi listrik sebagai sumber panas dan yang paling banyak digunakan adalah busur listrik.

Salah satu jenis pengelasan yang biasa digunakan dalam pengelasan *stud* (baut tanpa ulir) atau untuk mengelas *fins* yang berbentuk silinder pada logam dasar disebut pengelasan *Stud Welding* atau *Arc Stud Welding*. Prinsip pengelasan *Stud Welding* atau *Stud Arc Welding* adalah mirip dengan metoda pengelasan busur listrik lain, yaitu melibatkan listrik, mekanik, dan prinsip metalurgi. Dalam *Stud Welding*, besarnya arus dan durasi busur listrik atau waktu kontak dikontrol oleh sumber energi dan sistem kontrol *Stud Welding*[1]*.*

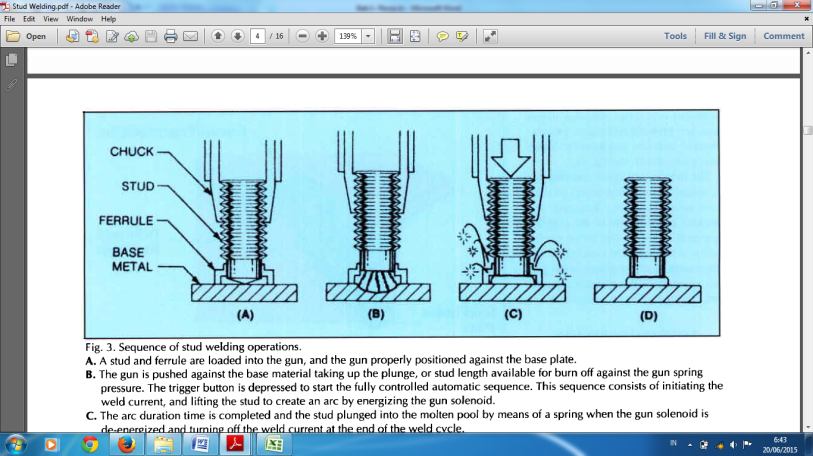
Prinsip sederhana *Stud Welding* diperlihatkan pada Gambar *Welding gun* pada alat las *stud welding* mempunyai sirkuit pemicu aktif untuk memulai proses pengelasan dan mekanisme angkat untuk menarik *stud* lepas dari logam induk dan menghasilkan *welding arc.*

Perangkat *Welding gun* pada proses pengelasan *Stud Welding* biasanya terdiri dari sebuah *stud holding chuck*, *foot piece,* dan *ferrule grip* untuk memegang c*eramic ferrule* (lihat Gambar 2.3). Tahapan proses pengelasan *Stud Welding* untuk menghasilkan *stud weld* dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :

* Tahap (A) : *stud* dan *ferrule* diisi ke dalam *welding gun*, dan posisi *welding gun* diarahkan pada logam dasar *(base metal)*
* Tahap (B) : *welding gun* ditekan berlawanan dengan logam dasar untuk menghasilkan busur listrik, proses ini terdiri dari pemberian arus pengelasan, dan mengangkat *stud* untuk menghasilkan busur listrik
* Tahap (C) : durasi dari busur listrik
* Tahap (D) : proses pengelasan telah selesai kemudian *welding gun* diangkat dan menghasilkan *stud.*



**Gambar 2.3 *Stud welding gun*[1]**



**Gambar 2.4 Tahapan proses pengelasann S*tud Welding*[1]**

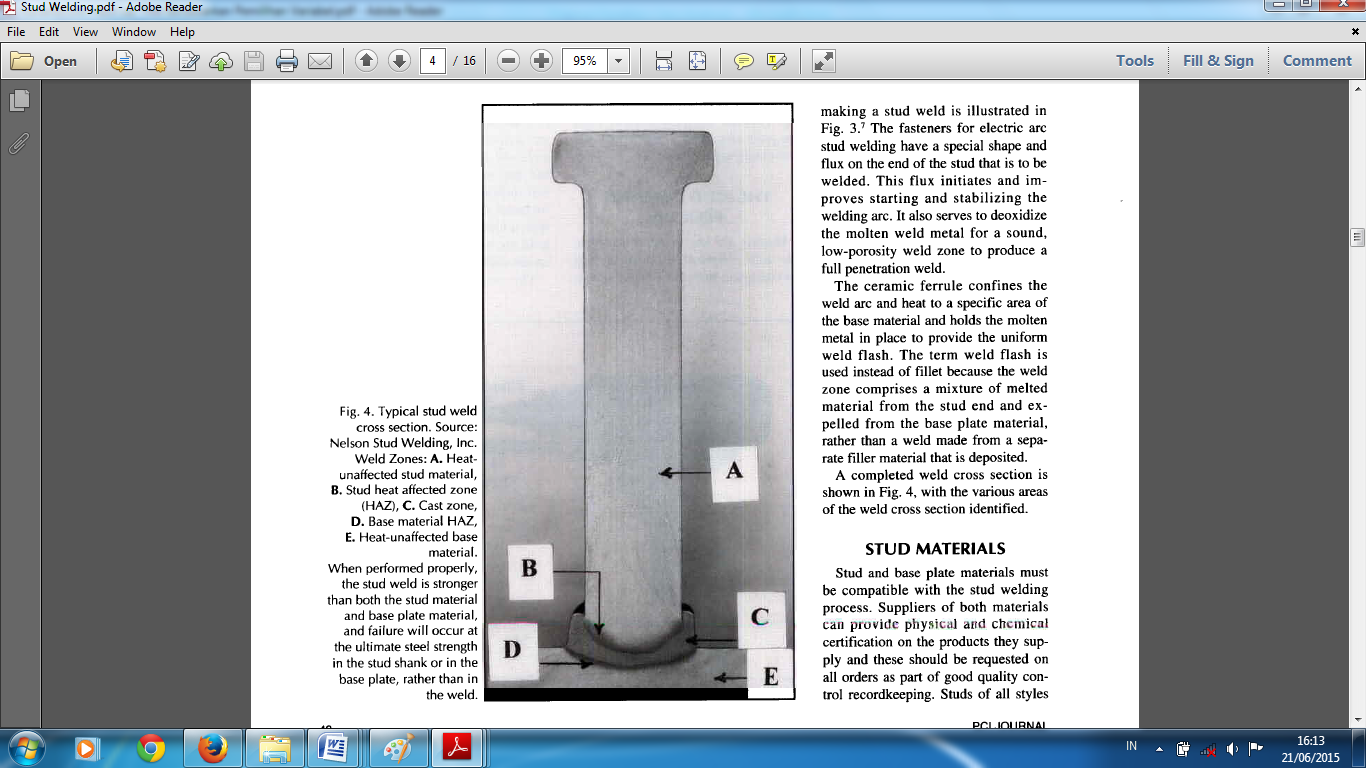
*Ferrule* yang terpasang pada *grip holder* berfungsi sebagai pelindung busur listrik sehingga tidak terjadi kontak dengan atmosfer luar. Pada semua aplikasi *stud welding*, *ferrule* merupakan komponen yang diharuskan terpasang pada peralatan las *stud*. Selama proses pengelasan berlangsung berikut fungsi dari *ferrule* tersebut:

1. Menjaga konsentrasi panas dari busur listrik pada area pengelasan
2. Melindungi aliran udara luar agar tidak masuk ke area pengelasan, sehingga dapat menghindari oksidasi pada area pengelasan yang mencair
3. Membatasi logam cair pada daerah pengelasan
4. Melindungi efek dari busur listrik yang dapat membakar material non metalik

**2.2 Karakteristik sambungan pengelasan pada proses pengelasan *Stud Welding***

Proses pengelasan yang melibatkan adanya pencairan di daerah sambungan, secara metalurgis akan menghasilkan tiga daerah yaitu daerah pembekuan dari logam las (*weld metal*) atau logam pengsisi (*filler metal*), daerah fusi, dan daerah yang terpapar panas. **[3]**

Pada pengelasan *Stud Welding* daerah yang terpengaruh oleh panas atau *Heat Affected Zone* (*HAZ*) akan lebih lebih kecil dibanding dengan proses pengelasan jenis lain karena penerapan input panas yang relatif lebih kecil. Gambar 2.3 memperlihatkan penampang melintang dari daerah lasan pada proses pengelasan *Stud Welding.* Penampang melintang pada *Stud Welding* terdiri dari 5 (Lima) zona yaitu: material *stud* yang tidak terpapar panas, material stud yang terpapar panas, daerah leleh, logam dasar yang terpapar panas, dan logam dasar yang tidak terpapar panas.



**Gambar 2.5 Penampang melintang *stud weld[*1]**

1. ***Heat Unaffected Stud material; B. Stud Heat Affected Zone (HAZ);***

***C. Cast zone; D. Base material HAZ; E. Heat Unaffected base material***

**BAB III**

**METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data dengan metoda studi literatur untuk mendapatkan informasi referensi yang relevan dengan penelitian.
2. Menentukan parameter-parameter pengelasan yang akan digunakan sesuai dengan tujuan penelitian.
3. Melakukan persiapan material yang akan digunakan pada proses pengelasan, baik material dasar (*base metal*) maupun material *stud*.
4. Melakukan proses pengelasan *Stud welding* sesuai dengan parameter-parameter pengelasan yang telah ditentukan.
5. Melakukan uji metalografi untuk mengidentifikasi kualitas sambungan las
6. Melakukan pengolahan data, interpretasi data, analisis, dan pembahasan
7. Membuat kesimpulan dan saran

**BAB IV**

**HASIL DAN DISKUSI**

**4.1 Studi Karakteristik SA335 P9**

Pada penelitian ini, pengelasan dilakukan pada *stud* yang berfungsi sebagai *fins* penukar kalor terhadap pipa CDU. Material *stud* yang digunakan adalah A36 dan material pipa uap yang digunakan adalah SA335 P9. Pemilihan SA335 P9 sebagai material pipa CDU dengan kandungan Khrom (Cr) 8-10% dan Molybdenun (Mo) sekitar 0.9-1,1% adalah sesuai dengan karakteristik material yang tahan pada temperatur operasi yang tinggi.

SA335 atau dikenal dengan *low alloy* *Cr-Mo Steel* adalah material yang lazim digunakan pada konstruksi dengan kondisi operasi pada temperatur tinggi. Pada penelitian ini temperatur operasi yang bekerja pada pipa CDU adalah sekitar 5000-6000C. Penelitian yang dilakukan oleh Alfonso Rafael Fernández Fuentesa, Nelson Guedes de Alcântarab, Sergio Haro Rodríguezc**,** Alejandro López Ibarrac, menunjukan bahwa umur pakai SA335 dapat bertahan sampai 20 tahun dengan kondisi operasi pada temperatur 4800C.[6]

4.2 Ukuran dan Jenis Stud

Menurut AWS D1.1/D1.1 M:200 An American National Standard Section 7 *Stud Welding* sangat sesuai untuk mengelas baja dan paduannya dengan menggunakan metoda otomatis.**[7]** Jenis dan ukuran *stud* (*headed-type*) yang dipersyaratkan pada proses *Stud Welding* secara spesifik diperlihatkan pada Gambar 4.20.

Ketebalan logam dasar pada pengelasan stud yang dipersyaratkan menurut AWS adalah tidak boleh lebih tipis dari 1/3 dari diameter *stud*, atau pada konstruksi tertentu dipersyaratkan bahwa diameter stud tidak boleh lebih besar 2.5 kali dari tebal logam dasar**[7]**.

Pada penelitian ini data-data ukuran dari stud dan ketebalan logam dasar atau pipa adalah sebagai berikut:

* Panjang *stud*, L=12,7mm
* Diameter *stud*, D=25,4mm
* Ketebalan logam dasar atau pipa, t = 8,6mm

Dengan demikian ukuran stud dan ketebalan logam dasar yang digunakan pada proses stud welding sudah mengikuti standar AWS D1.1/D1.1.

4.3 Material Stud

Menurut AWS D1.1/D1.1 M:200 An American National Standard Section 7, material *stud* yang digunakan direkomendasikan dibuat dari *cold**drawn bar* *stock*. Spesifikasi material stud yang dipersyaratkan adalah mengikuti kualifikasi standar ASTM A108 Grade 1010 sampai 1020 atau mengikuti ketentuan seperti yang terlihat pada tabel 4.

Material stud yang digunakan dalam proses pengelasan ini adalah A36. Karakteristik A36 seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.3 Dan 4.4 adalah baja karbon dengan kandungan karbon sebesar 0,27% dan mempunyai kekuatan tarik sebesar 400-500 MPa. Hal ini menunjukan bahwa material stud yang digunakan sudah sesuai dengan standar AWS D1.1/D1.1.

**4.2 Masukan Panas (Heat Input)**

Pada proses pengelasan tahanan listrik ini, parameter proses yang berpengaruh pada kualitas hasil adalah arus dan waktu pengelasan. Besar arus dan waktu pengelasan akan menentukan jumlah masukan panas pada daerah lasan dengan mengikuti rumus:

Heat = I2Rt |8]

dimana:

I = arus lasan dalam amper ; t = waktu pengelasan, R= tahanan listrik dari bahan yang dilas

**Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Heat Input**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N0.** | **Spec.** | **Method** | **Current (A)** | **Contact Time (S)** | **R (Ω)** | **HI** |
|
| 1 | #1 | Manual | 400 | 4 | 1.38x10-7 | 8.83x10-1 |
| 2 | #2 | Manual | 400 | 6 | 1.38x10-7 | 1.32x10-1 |
| 3 | #3 | Manual | 400 | 8 | 1.38x10-7 | 1.76x10-1 |
| 4 | #4 | Manual | 300 | 2 | 1.38x10-7 | 2,48x10-2 |
| 5 | #5 | Automatic | 1500 | 2 | 1.38x10-7 | 4,3x10-1 |

* 1. **Hasil Pengelasan**

Hasil pengelasan Stud Welding dengan menggunakan metoda manual dan semiotomatis diperlihatkan secara visual pada Gambar 4.6..

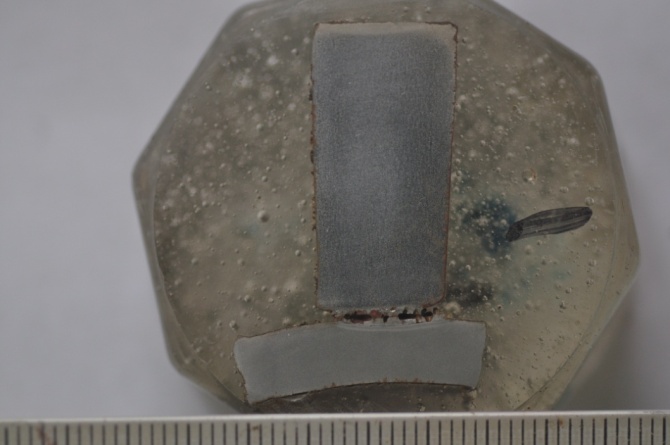


**Gambar 4.6 Hasil pengelasan Stud Welding, Metoda Semiotomatis (kiri), dan Metoda Manual (kanan)**

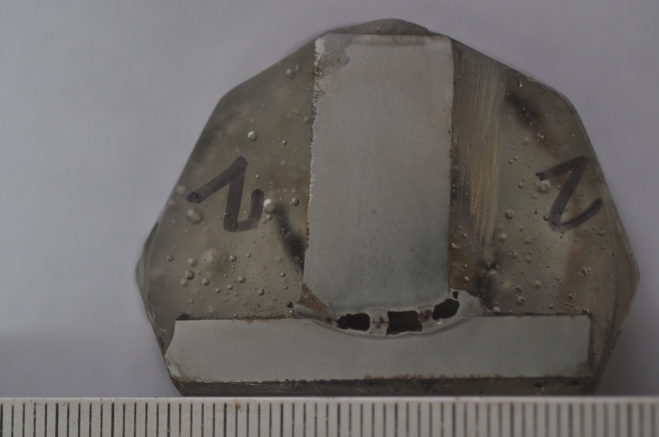
**4.4 Hasil Uji Metalografi Makro/*Mascoscopic Test***

Hasil dari uji metalografi makro untuk spesimen dengan variasi arus dan waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 4.7-4.11.

Dari hasil uji metalografi makro tersebut diperlihatkan bahwa variasi arus dan waktu kontak pada proses pengelasan *stud welding* dengan menggunkan metoda manual tidak berpengaruh pada hasil pengelasan.

****

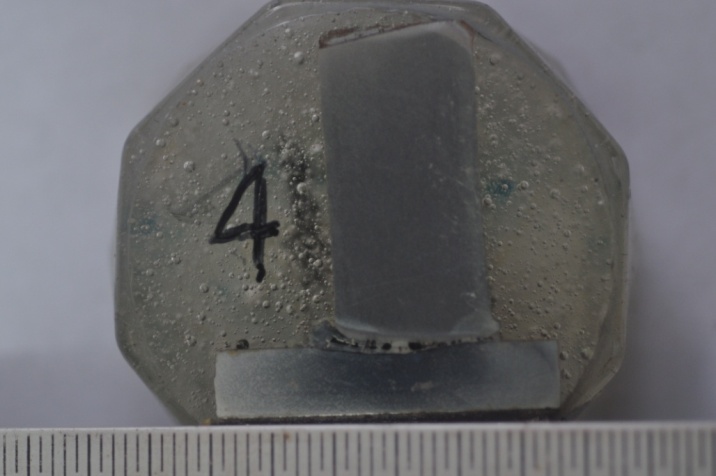
**Gambar 4.7 Hasil uji metalografi makro Spesimen #1**

****

**Gambar 4.8 Hasil uji metalografi makro Spesimen #2**

****

**Gambar 4.9 Hasil uji metalografi makro Spesimen #3**

****

**Gambar 4.10 Hasil uji metalografi makro Spesimen #4**



**Gambar 4.11 Hasil uji metalografi makro Spesimen #5**

**BAB V**

**KESIMPULAN DAN SARAN**

1. **Kesimpulan`**

Dari hasil eksperimen pengelasan *stud welding* pada pipa CDU (SA 335 P9) dengan menggunakan *stud* A36 dengan menggunakan 2 (dua) metoda, yaitu metoda manual, dan metoda semiotomatis, ada beberapa hal yang bisa dijadikan konklusi, yaitu :

1. Pemilihan parameter pengelasan menjadi hal yang harus diperhatikan sehingga mengasilkan kualitas sambungan yang tidak terdapat cacat lasan. Pada penelitian ini parameter pengelasan yang paling berpengaruh terhadap hasil pengelasan adalah besarnya kuat arus. Metoda pengelasan yang menghasilkan pengelasn yang baik adalah metoda semiotomatis dengan kuat arus sebesar 1500 A.
2. Parameter-parameter lain yang berpengaruh terhadap hasil pengelasan adalah proses preheat atau pemanasan awal sebelum proses pengelasan dilaksanakan, temperatur preheat yang diberikan adalah sebesar 4000-5000C.
3. **Saran**
4. Untuk penelitian selanjutnya pada rancangan *fins* penukar kalor pada pipa CDU, mengkaji berapa besar perpindahan panas dari pipa CDU ke fins penukar kalor dengan menggunakan metoda analitik dan simulasi *software engineering*

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Gary, J.H. & Handwerk, G.E.,”Petroleum Refining Technology and Economics (2nd ed.)”, Marcel Dekker, 1984.
2. I. Samard, I. Kladari, Klari, “*The Influence of Welding Parameters on Weld Characteristics in Electric Arc Stud Welding*”, Prispjelo, 2008.
3. Harry A. Chamber, “*Principles and Practices of Stud Welding*”, PCI Journal, Nelson Stud Welding Inc., Ohio, 2000.
4. Rochim Suratman, “*Beberapa Kasus pada Pengelasan Baja*”, Jurnal Asosiasi Pengelasan Indonesia, 2008.
5. American Society for Testing and Materials-ASTM, “*Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe For High-Temperature Service, SA 335/SA335M*”, Section II, 2004.
6. American Society for Testing and Materials-ASTM, “*ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel*’, American Standard for Testing Material, 1999.
7. Alfonso Rafael Fernández Fuentesa, Nelson Guedes de Alcântarab, Sergio Haro Rodríguezc, Alejandro López Ibarrac, “*Effect of in Service Weld Repair on the Performance of CrMo Steel Steam Pipelines*”, Av. Ramón López Velarde, 801, Zac. 98060 Zacatecas, México, March 17, 2005; Revised: October 4, 2005
8. AWS D1.1/D1.1M:2004 An American National Standard, “*Structural Welding Code—Steel 19th Edition*”, American Welding Society, 2004.
9. ANSI/AWS C5.4-93 An American National Standard, “*Recommended Practices For Stud Welding*,” AWS Committee on Arc Welding and Cutting, 1987.