



## Analisis Keretakan pada Sambungan Las antara Pipa ASTM A106 dengan *Globe Valve*

### *Analysis of Cracks in Welding Joints between ASTM A106 Pipe and Globe Valve*

Amri Abdulah\*, Apang Djafar Shieddique, Jatira, Dede Ardi Rajab dan Sukarman

Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Jalan Cikopak No 53 Sadang-Purwakarta, Indonesia

#### Informasi artikel

Diterima:  
06/04/2021  
Direvisi:  
05/07/2021  
Disetujui:  
21/05/2021

#### *Abstract*

*Crack failure often occurs in piping installations, especially in the welding area which can be caused by excessive stress or corrosion of the material. In this case, the crack failure in the HAZ area will be discussed near the pipe connected to the valve for the heat transfer fluid line. The method used in this paper is the inspection of the attached materials using OES (Optical emission spectroscopy), observation of pipe and valve joints and failure analysis. From the results of material inspection, it was found that the pipe used was ASTM A106, then from the microstructure it was seen that the grain dimensions were not homogeneous, it would cause the strength of material heterogeneity, then from visual observation, it could be seen that pipe joints and valve misalignment occurred.*

*Keywords:* ASTM A106, valve, cracked, piping, misalignment.

#### Abstrak

Kegagalan retak sering terjadi pada instalasi perpipaan, terutama di area pengelasan yang dapat disebabkan oleh tekanan yang berlebihan atau korosi material. Dalam hal ini, kegagalan retak di area HAZ (*Heat affected zone*) akan dibahas di dekat pipa yang terhubung dengan katup untuk saluran fluida transfer panas. Metode yang digunakan dalam makalah ini adalah inspeksi bahan yang terpasang menggunakan OES (*Optical emission spectroscopy*), pengamatan sambungan pipa dan katup serta analisis kegagalan. Dari hasil pemeriksaan material, ditemukan bahwa pipa yang digunakan adalah ASTM A106, kemudian dari struktur mikro terlihat dimensi butir tidak homogen, akan menyebabkan kekuatan heterogenitas material, kemudian dari pengamatan visual, dapat dilihat bahwa sambungan pipa dan *misalignment* katup terjadi.

**Kata Kunci:** ASTM A106, katup, retak, perpipaan, *misalignment*.

---

\*Penulis Korespondensi. Tel.: - ; Handphone: +62 812 1800 8256  
email : [amri@stt-wastukencana.ac.id](mailto:amri@stt-wastukencana.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian ini membahas kasus retak sambungan las antara pipa dan katup (*globe valve*), dalam sistem penukar panas pipa ganda. Kegagalan terjadi pada katup saluran drainase. Retak terjadi tepat di sebelah area pengelasan. Karena kondisi ini, perlu untuk mencari akar penyebab terjadinya kegagalan untuk menghindari kasus serupa di kemudian hari. Analisis kegagalan akan dilakukan dengan menganalisis bagian yang mengalami kegagalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1.



Gambar 1. Sampel gagal

Keretakan pada sambungan las bisa terjadi karena beberapa hal, berdasarkan prosedur *Crack Tip Opening Angle* (CTOA), retakan yang hanya menembus dinding dianggap tidak begitu serius dibandingkan dengan retakan kompleks, pada pipa stainless steel 304 yang mengalami rotasi di ujung pipa, dalam kasus seperti itu pipa mengalami deformasi lentur murni (Smith, 1988). Retakan pada sambungan las bisa juga disebabkan oleh efek bengkok, nilai  $k$  berpengaruh pada tegangan puncak, ketika nilai  $k$  kecil, peningkatan tegangan puncak tidak signifikan, tetapi ketika nilai  $k$  besar, peningkatan tegangan puncak menjadi sangat signifikan (Hyde dan Sun, 2002). Dari sisi proses pengelasan, keretakan pada pipa juga bisa terjadi karena beberapa hal seperti efek dari tidak diikutinya *Welding Procedure Specification* (WPS), perlakuan panas pada saat pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan material, dari penelitian Priymak tahun 2019, dalam kesimpulan penelitiannya menyatakan bahwa perlakuan panas pada sambungan las baja, pada suhu tinggi

berkontribusi terhadap melemahnya batas-batas zona yang dipengaruhi oleh logam termomekanik dan logam dasar pada baja. Sisi plastisitas dan penurunan daya tahan siklik dapat berkontribusi terhadap kerusakan prematur (Priymak, dkk., 2019) lalu Dunder menganalisis pentingnya perlakuan panas sebelum dan sesudah pengelasan, FG HAZ adalah yang paling bermasalah ketika fraktur tipe IV terjadi (Marko, dkk., 2019). Selain dari WPS dan perlakuan panas masih banyak lagi kemungkinan penyebab dari keretakan seperti pengaruh penggunaan logam pengisi (Aloraier, dkk., 2004), ketahanan korosi material (Peralta, dkk., 2013; Mudjiyanto, dkk., 2019; Shieddieque, dkk., 2020), *heat input* yang digunakan ataupun kecepatan las saat proses pengelasan (Libyawati, Upara dan Suwandi, 2019), dan metode las yang digunakan (Melfi, 2010).

Pada studi kasus ini, material yang digunakan yaitu Pipa ASTM A106 dengan standar spesifikasi *Seam Less Carbon Steel Pipe* yang khusus digunakan untuk temperatur tinggi. Pipa ini cocok digunakan pada sistem penukar panas seperti sistem penukar panas pipa ganda, dalam sistem penukar panas pipa ganda pipa tersebut untuk menyalurkan fluida pemindah panas pada saluran masuk dan keluar serta untuk saluran drainase. Dalam kasus ini, keretakan terjadi pada saluran drainase. Pipa dihubungkan dengan *Globe Valve* menggunakan sambungan las. Proses pengelasan dilakukan menggunakan *Tungsten Inert Gas* (TIG). Sambungan las pada *Globe Valve* tersebut terdapat dua koneksi tetapi hanya satu kegagalan yang terjadi sehingga kasus ini perlu diselidiki lebih lanjut.

## 2. METODOLOGI

Evaluasi keseluruhan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dilakukan dan didasarkan pada pengumpulan data, melakukan pengamatan, pemeriksaan, uji material dan analisis kondisi operasi. Inspeksi visual adalah langkah pertama analisis sebelum melakukan *sectioning* untuk pengujian laboratorium.

Pengujian destruktif, dalam hal ini, tidak dapat dilakukan di area yang retak, karena pengamatan lain memerlukan tampilan asli sampel ini. Oleh karena itu, pemeriksaan struktur mikro menggunakan mikroskop di laboratorium untuk mengetahui apakah ada cacat pada material dan uji komposisi kimia dilakukan hanya di ujung sampel yang gagal.

Identifikasi bahan dilakukan dengan memeriksa komposisi kimia dari bahan pipa. Pekerjaan ini dilakukan menggunakan *optical emission spectroscope* (OES). Hasil uji unsur kimia dapat dilihat pada Tabel 1. Dibandingkan dengan logam standar bahan pipa berdasarkan ASTM A106 (Silva, dkk., 2009).

Tabel 1. Komposisi kimia sampel pipa

Sampel Pipa	ASTM A 106			
	Kelas A	Kelas B	Kelas C	
C	0,189	Max=0,25	Max=0,30	Max=0,35
Mn	0,510	0,27-0,93	0,29-1,06	0,29-1,06
P	0,029	Max=0,035	Max=0,035	Max=0,035
S	0,015	Max=0,035	Max=0,035	Max=0,035
Si	0,216	Min=0,10	Min=0,10	Min=0,10
Ni	0,029			
Cr	0,031	Tidak	Tidak	Tidak
Mo	0,004	Melebihi	Melebihi	Melebihi
V	0,002	1%	1%	1%
Cu	0,044			
Fe		Seimbang		

Melihat hasil uji *optical emission spectroscope* pada Tabel 1. Tidak ada perbedaan signifikan antara sampel pipa dengan logam standar ASTM A106 sehingga dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan pada saluran *drainase* tersebut adalah pipa ASTM A106. Selanjutnya dari pemeriksaan fisik material bahwa diameter pipa tersebut yaitu mempunyai diameter luar 1.66 inchi dengan ketebalan 3.6mm (schedule 40)(API, 1998). Material yang berhubungan dengan pipa ini adalah *Globe valve* dengan spesifikasi DN 25 PN 40,

*Material Body* dari *Globe valve* tersebut yaitu A105 dengan kode Produk 0460.(Phönix, 2010).

Dari studi yang dilakukan untuk proses pengelasan, Pengelasan kedua bahan tersebut menggunakan *Tungsten Inert Gas* (TIG) dengan jenis sambungan *butt-weld*, satandar pengelasan untuk aplikasi pipa yang digunakan pada temperatur tinggi, seperti pada saluran drainase alat penukar kalor pipa ganda harus mengiktui *Welding Procedure Specification* (WPS) dan prosedur *Post Welding Heat Treatment* (PWHT). Tujuan dari dilakukannya PWHT yaitu:

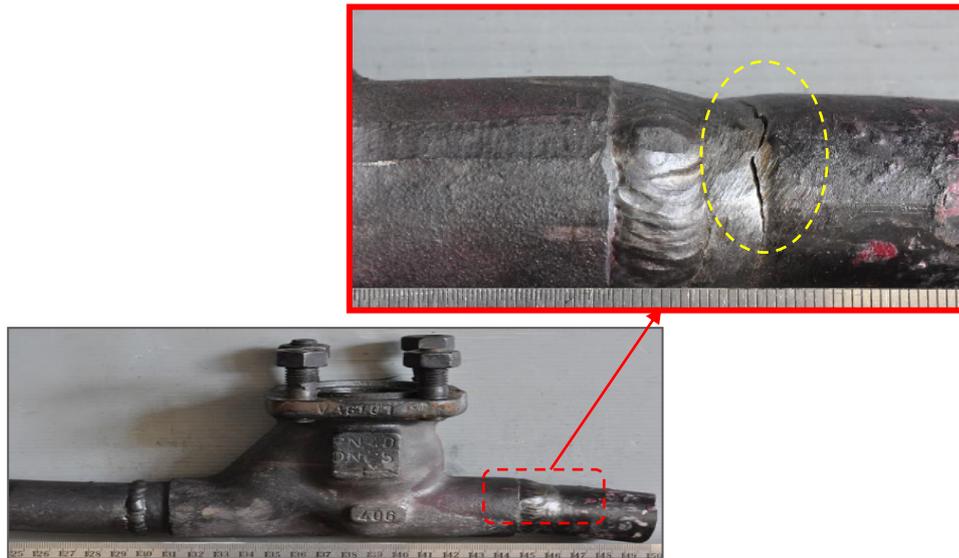
- Menghilangkan tegangan sisa
- Meningkatkan ketangguhan
- Meningkatkan kekuatan
- Meningkatkan ketahanan korosi
- Menghilangkan efek pengerasan karena pengerjaan dingin

setelah dilakukan pengelasan dilakukan uji *Non Destructive Test* (NDT) dan *Radiography Test* (RT).

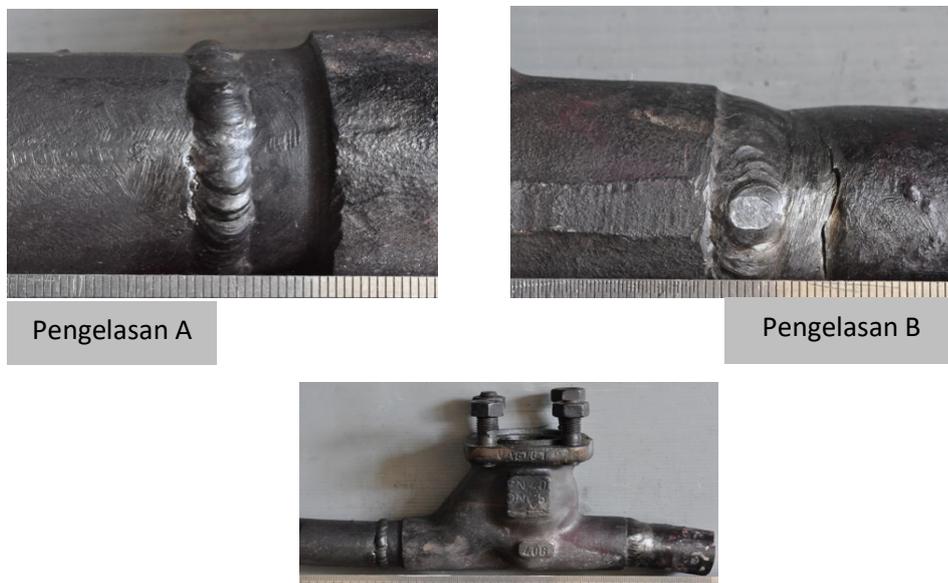
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data dan Pengamatan

Retak pada sampel yang gagal ditunjukkan pada Gambar 2. Retak terjadi pada satu sisi pengelasan pada sambungan pipa dan katup, posisi ini diilustrasikan oleh panah kuning. Retakan dilingkari oleh garis putus-putus, dan terputusnya hubungan antara katup dan tabung dapat diamati. Garis putus-putus kuning menunjukkan *levelling* yang harus dilakukan dengan baik pada prosedur *Post Welding Heat Treatment* (PWHT) untuk konstruksi tidak dilakukan, oleh karena itu konsentrasi tegangan di area pengelasan dalam kondisi tinggi. Di sisi kiri dan kanan katup, ada pipa dengan diameter luar 1,66 inci (Schedule 40 dengan ketebalan nominal 3,6 mm) yang dihubungkan oleh sambungan las. Salah satunya retak. Kondisi lasan diilustrasikan pada Gambar. 3.



Gambar 2. Keretakan pada katup saluran drainase



Gambar 3. Koneksi B las ada perbedaan diameter pipa dan katup

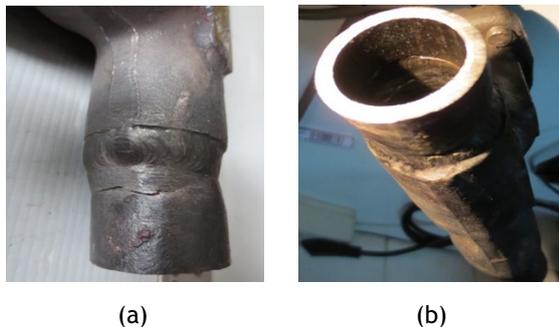
Dari pengamatan visual pada sampel material, dapat dilihat bahwa:

- Ada dua lasan pada konstruksi drainase dan terjadi retak pada pengelasan B,
- Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa pengelasan A terlihat lebih baik karena sumbu antara pipa dan *globe valve* terlihat lurus dibandingkan pengelasan B.

### Analisis Operasi

Selama operasi, katup selalu tertutup sehingga fluida tersumbat di satu sisi katup. Konstruksi ini adalah drainase yang biasanya, tidak ada aliran yang melaluinya selama mesin beroperasi. Katup hanya terbuka ketika pabrik dimatikan untuk mengalirkan cairan transfer panas.

Tekanan operasi maksimum pada peralatan adalah 6 Bar. Cairan dalam pipa adalah Synthetic Therminol 66, yang merupakan fluida transfer panas yang mempunyai kinerja suhu tinggi yang luar biasa hingga  $650^{\circ}\text{F}$  ( $345^{\circ}\text{C}$ ). Cairan ini memiliki stabilitas termal yang sangat baik dan tekanan uap yang rendah. Properti ini menghasilkan kinerja sistem transfer panas yang andal dan konsisten selama periode yang lama. Synthetic Therminol 66 tidak korosif terhadap logam yang biasa digunakan dalam desain sistem transfer panas (Eastman, 2019). Kondisi tampilan terperinci di dalam atau di luar retakan pada titik konstruksi drainase disajikan pada Gambar. 4. Ketebalan tabung praktis sama dengan konstruksi dan tidak ada penipisan. Korosi tidak ditemukan di dalam atau di luar permukaan konstruksi, itu berarti korosi tidak terjadi. Melihat dari dekat pada area retakan, retakan diindikasikan terjadi pada area HAZ (*Heat Affected Zone*). Retakan merambat atau menembus permukaan dalam dan luar tabung dan menyebabkan kebocoran.

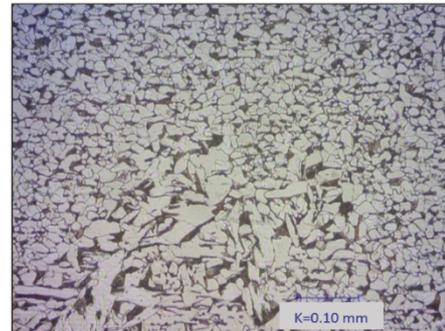


**Gambar 4.** Tampilan retak dari (a) sisi luar dan (b) sisi dalam

Dari tampilan terperinci yang pada gambar 4, beberapa poin dapat dirangkum, yaitu: (a) Tidak terjadi penipisan dari tabung, (b) Korosi sebagai salah satu kemungkinan penyebab kegagalan, tampaknya tidak terjadi di dalam atau di luar konstruksi saluran, (c) Retakan terjadi di area HAZ (*Heat Affected Zone*). Retakan merambat atau menembus permukaan dalam dan luar tabung dan menyebabkan kebocoran. Dari hasil yang dirangkum tersebut dapat disimpulkan bahwa korosi bukan penyebab dari keretakan pada sambungan las antara pipa ASTM A106 dan *globe valve* tersebut.

### Struktur Mikro Material

Dari pemeriksaan metalografi di laboratorium terhadap sampel gagal yaitu pada sambungan las antara Pipa ASTM A106 dan *Globe Valve* pada saluran drainase di sistem pemanas pipa ganda, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Struktur mikro

Gambar. 5 menunjukkan struktur mikro dari sampel pipa yang dilakukan oleh prosedur metalografi standar. bahwa struktur mikro pipa terlihat unsur ferit (fitur putih) dan perlit (fitur gelap). Dimensi butiran terlihat seperti tidak homogen, itu akan menyebabkan kekuatan heterogenitas di berbagai daerah atau bagian bahan.

### Analisis Kegagalan Retak

Analisis kegagalan dilakukan untuk menentukan apakah kegagalan itu disebabkan oleh degradasi material atau beban operasi yang berlebihan atau tekanan internal yang lebih tinggi dari kekuatan kritis material. Pemeriksaan pertama untuk menemukan akar penyebab kegagalan adalah verifikasi materi. Pengamatan menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* menghasilkan bahwa bahan tabung adalah baja karbon A106. Spesifikasi ini sesuai dengan informasi tentang bahan desain asli instalasi ini. Mencermati konstruksi, menunjukkan ada kesalahan dengan fabrikasi atau proses pembuatan instalasi ini. Secara umum, asumsi pertama yang dapat diambil untuk menentukan mekanisme kerusakan didasarkan pada bentuk kerusakan. Informasi tentang kondisi operasi setiap bagian serta informasi lainnya sebagai proses pembuatan komponen sangat penting untuk melengkapi semua data peralatan yang diperlukan. Bentuk kerusakan pada konstruksi

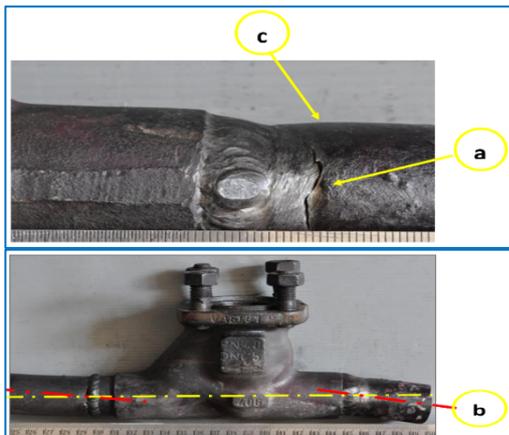
titik drainase retak di sebelah area lasan. Dalam konstruksi ini, ada dua pengelasan tetapi hanya satu celah. Konstruksi pengelasan A lebih baik daripada pengelasan B. Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa tekukan terjadi pada konstruksi pengelasan B. Bentuk korosi tidak terjadi pada konstruksi ini baik dari dalam maupun luar karena lingkungan kontak tidak korosif.

#### Modus Kegagalan

Dari pengamatan secara visual pada konstruksi di titik *drainase*, ini menunjukkan bahwa lenturan terjadi pada pengelasan B. Berdasarkan kondisi ini, area lentur akan memiliki kondisi tegangan tinggi dalam arah yang memanjang. Tegangan lebih tinggi terjadi pada permukaan luar lasan dan membentuk retakan.

#### Kemungkinan penyebab

Beberapa temuan penting terkait dengan kegagalan pada sambungan antara Pipa ASTM A106 dan *Globe Valve* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Titik kegagalan pada sampel

Dari Gambar 6. Terlihat di posisi(a) Keretakan terjadi di wilayah HAZ, ini adalah kasus umum karena HAZ adalah area kritis dalam pengelasan karena kemungkinan perubahan struktur dan dimensi mikro, (b) Kondisi konstruksi las yang membentuk daerah bengkok karena proses pengelasan, (c) Penipisan di area yang retak disebabkan oleh proses pengelasan yang mendorong tegangan tinggi ke arah memanjang, ketidaksempurnaan dalam bentuk sambungan las, meningkatkan tekanan berlebihan dan dianggap sebagai penyebab utama retak

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil tes laboratorium untuk uji komposisi kimia menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* dan pemeriksaan metalografi untuk struktur mikro, pengamatan serta studi literatur, beberapa bukti diperoleh dan berdasarkan bukti yang tersedia dapat disimpulkan bahwa bahan yang digunakan untuk pipa dengan diameter luar 1,66 inci (*Schedule 40* dengan ketebalan 3,6 mm) adalah *Carbon Steel* ASTM A106, dan kegagalan retak disebabkan oleh pembengkokan dan perubahan dimensi atau ketebalan di area pengelasan B karena ketidaksempurnaan prosedur pengelasan dan konstruksi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PT. ACTs, berkat kerjasama yang dilakukan dan penggunaan laboratoriumnya, penelitian ini dapat diselesaikan, semoga bermanfaat bagi yang membutuhkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A.J. Gaxiola Peralta, dkk., 2013. Effects of welding conditions by TIG and post weld heat treatment in ductile cast iron on the corrosion resistance. *Materials Science Forum*, 755, hal. 21-27. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.755.21.
- Aloraier, dkk., 2004. Eliminating post-weld heat treatment in repair welding by temper bead technique: role bead sequence in metallurgical changes, *Materials Processing Technology*, 154, hal. 392-400. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2004.04.383.
- API, 1998. *Inspection Practices for Piping System Components Second edition*.
- Marko, D., Tomaž, V., Ivan, S. and Dejan, M., 2019. Analysis of heat-affected zone microstructures of steel P92 after welding and after post-weld heat treatment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9-12), pp.3801-3812.
- Eastman, (2019) *Therminol® 66 Heat Transfer Fluid Version 2.5 PRD*.
- Hyde, T. H. dan Sun, W. 2002. Effect of bending load on the creep failure behaviour of a pressurised thick walled CrMoV pipe weldment, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 79, hal. 331-339.
- Libyawati, W., Upara, N. dan Suwandi, A. 2019. Analisis Kinematika Pada Desain Alat Bantu Peningkat,

- Teknologi*, 11(2), hal. 111-116.
- Melfi, T., 2010. New code requirements for calculating heat input', *Welding Journal (Miami, Fla)*, 89(6), hal. 61-63.
- Phönix (2010) 'Bellows Sealed Valves Phönix Product & Order Code'.
- Priymak, E., Atamashkin, A. and Stepanchukova, A., 2019. Effect of post-weld heat treatment on the mechanical properties and mechanism of fracture of joint welds made by thompson friction welding. *Materials today: proceedings*, 11, pp.295-299.
- R.C. Mudjianto, dkk., 2019. Analisis Terjadinya Korosi Batas Butir Akibat Proses Pengelasan GTAW Pada Material Austenitic Stainless Steel AISI A304, *Jurnal Teknologika*, 9(1), hal. 31-37.
- Shieddieque, A. D., dkk., 2020. Analysis corrosion resistance and flexural stress of AISI 304L using ER308L in GTAW with currents variations, *Technology Reports of Kansai University*, 62(6), hal. 3115-3122.
- Silva, C. C., dkk., 2009. Welding of ASTM A106 Gr . B steel pipes for high- temperature service - part 1 - residual stress analysis', *Welding International*, 23(4), hal. 270-281. doi: 10.1080/09507110802543476.
- Smith, E., 1988. The effect of pipe bends on the stability of a circumferential through-wall crack in a type 304 stainless steel piping system', *Engineering Fracture Mechanics*, 29(6), hal. 705-712.

