



polman astra

p-ISSN 2085-8507
e-ISSN 2722-3280

TECHNOLOGIC

VOLUME 12 NOMOR 1 | JUNI 2021

POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

www.polman.astra.ac.id

Email : editor.technologic@polman.astra.ac.id

DEWAN REDAKSI Technologic

Ketua Editor:

Dr. Setia Abikusna, S.T., M.T.

Dewan Editor:

Lin Prasetyani, S.T., M.T.

Rida Indah Fariani, S.Si., M.T.I

Yohanes Tri Joko Wibowo, S.T., M.T.

Mitra Bestari:

Abdi Suryadinata Telaga, Ph.D. (Politeknik Manufaktur Astra)

Dr. Eng. Agung Premono, S.T., M.T. (Universitas Negeri Jakarta)

Harki Apri Yanto, Ph.D. (Politeknik Manufaktur Astra)

Dr. Ir. Lukas, MAI, CISA, IPM (Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya)

Dr. Sirajuddin, S.T., M.T. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Eng. Syahril Ardi, S.T., M.T. (Politeknik Manufaktur Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng (Politeknik Negeri Sriwijaya)

Administrasi:

Asri Aisyah, A.md.

Kristina Hutajulu, A.md.

Kantor Editor:

Politeknik Manufaktur Astra

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

www.polman.astra.ac.id

Email : editor.technologic@polman.astra.ac.id

EDITORIAL

Pembaca yang budiman,

Puji syukur kita dapat berjumpa kembali dengan Technologic Volume 12 No. 1, Edisi Juni 2021.

Pembaca, Jurnal Technologic Edisi Juni 2021 kali ini berisi 10 manuskrip.

Atas nama Redaksi dan Editor, di tengah pandemi covid-19 yang masih belum usai, kami do'akan semoga dalam keadaan sehat selalu, tetap menjaga Protokol Kesehatan, dan kami haturkan terima kasih atas kepercayaan para peneliti dan pembaca, serta selamat menikmati dan mengambil manfaat dari terbitan Jurnal Technologic kali ini.

Selamat membaca!

DAFTAR ISI

PENGARUH TEMPERATUR <i>PREHEAT</i> TERHADAP DISTORSI DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS ANTARA BAJA KARBON ASTM A36 DAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENITIK AISI 304 MENGGUNAKAN GMAW	1
Danny Wicaksono, Mochammad Noer Ilman	
MODIFIKASI SISTEM KONTROL PROSES PRODUKSI PADA MESIN CBC GRAFIR DAN MESIN <i>AUTOLOADER</i> BERBASIS PLC CJ1M	7
Lin Prasetyani, Rizqi Iman Yulianto	
PENGEMBANGAN MODUL DAN ALAT PERAGA UNTUK MENGHILANGKAN VARIASI PROSES PRAKTIK PADA MATA KULIAH PPM DI LABORATORIUM ERGONOMI POLMAN ASTRA	13
Heri Sudarmaji , Anisa Budiarti	
MENURUNKAN <i>LEAD TIME SERVICE</i> BERKALA KELIPATAN 40.000 KM DENGAN MENURUNKAN WAKTU PROSES PENGGANTIAN OLI TRANSMISI MANUAL DAN OLI <i>DIFFERENTIAL</i> MENGGUNAKAN SST DI AUTO 2000 ABC	18
Setia Abikusna, Teguh Triantoro	
MENAIKKAN PERFORMA UNIT BULLDOZER D155-6R DENGAN PERBAIKAN SISTEM MAINTENANCE DI DISTRIK SANGATA KALIMANTAN TIMUR	23
Vuko A.T Manurung, Yohanes Trijoko, Laurentius Nandy K	
MENINGKATKAN EFISIENSI <i>MAN POWER LINE MACHINING AXLE SHAFT A</i> MENGGUNAKAN METODE PENYEIMBANGAN BEBAN KERJA OPERATOR DI PT INTI GANDA PERDANA	27
Nensi Yuselin, Hasbianto	
PENGEMBANGAN DESAIN KONSTRUKSI <i>MOLD MODULE BOX COVER</i> DI POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA	33
Fitri Yuni Astuti, Eko Ari Wibowo	
RANCANG BANGUN PORTAL WEB PELAPORAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) MELALUI PENDEKATAN <i>BUSINESS PROCESS IMPROVEMENT (BPI)</i> DAN PURWARUPA (STUDI KASUS PT PAMAPERSADA NUSANTARA)	39
Nindy Okta Novianti, Aisyah Milania, Suhendra	
PERANCANGAN SISTEM INFORMASI TOKO BAJU SHIENA WEAR	45
Riesta Pinky Nurul Arifah, Rifqih Syahrial Anwar, Arie Kusumawati dan Indah Cyithia Devi	
PERANCANGAN <i>AUTOMATIC GUIDED VEHICLE (AGV)</i> UNTUK MENUNJANG PROSES PEMBELAJARAN DI POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA	51
Heri Sudarmaji, Ivan Adista Sandy	

PENGARUH TEMPERATUR *PREHEAT* TERHADAP DISTORSI DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS ANTARA BAJA KARBON ASTM A36 DAN BAJA TAHAN KARAT AUSTENITIK AISI 304 MENGGUNAKAN GMAW

Danny Wicaksono^{1,2}, Mochammad Noer Ilman²

2. Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55284, Indonesia

1. UPT Manufaktur, Polman Astra, Jakarta 14330, Indonesia

E-mail : ilman_noer@ugm.ac.id²

Abstrak -- Sambungan las pada umumnya adalah titik lemah dari suatu struktur dan sering menjadi lokasi kegagalan pada pengelasan logam tidak sejenis. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan performa dari sambungan las, salah satunya adalah pemanasan awal (*preheat*). Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh temperatur *preheat* terhadap sambungan las logam tak sejenis antara baja paduan rendah dan baja tahan karat austenitik. Proses pengelasan dilakukan menggunakan las busur logam-gas atau *gas metal arc welding* (GMAW) dengan elektrode ER70s-6 dan selama proses pengelasan dilakukan *preheat* pada temperatur 100°C, 150°C, dan 200°C. Temperatur selama proses pengelasan diukur menggunakan termokopel pada jarak 10 mm dari garis las. Setelah proses pengelasan dilakukan, pengukuran distorsi dilakukan menggunakan dial *indicator*. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada daerah terpengaruh panas (HAZ), daerah las, dan daerah logam induk dari masing-masing pelat yang dilas menggunakan mikroskop optik. Berdasarkan hasil pengukuran siklus termal, dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur *preheat* meningkatkan temperatur puncak dan memperlambat laju pendinginan las. Perubahan siklus termal ini berpengaruh terhadap struktur mikro. Berdasarkan hasil pengukuran distorsi, pelat yang dilas mengalami penurunan distorsi pada arah longitudinal dan transversal terhadap garis las seiring dengan meningkatnya temperatur *preheat*.

Kata kunci: GMAW, *preheat*, distorsi las, struktur mikro

I. PENDAHULUAN

Las busur logam-gas atau *gas metal arc welding* (GMAW) merupakan salah satu proses pengelasan yang umum dipakai di industri. GMAW menghasilkan sambungan las yang baik dengan efisiensi deposisi yang tinggi [1]. Logam dengan sifat mampu las (*weldability*) yang baik seperti baja karbon rendah atau baja HSLA umumnya tidak banyak membutuhkan perlakuan baik sebelum (*preheat*) dan setelah dilakukan pengelasan (*post weld heat treatment/PWHT*). Hal tersebut dapat meningkatkan produktivitas dan pengurangan biaya produksi [2]. Namun, untuk pengelasan baja karbon sedang/tinggi dan baja paduan, *preheat* dan PWHT direkomendasikan untuk dilakukan.

Pengelasan logam tak sejenis antara baja karbon dan baja tahan karat sangat umum digunakan di industri manufaktur, pembangkit listrik, dan konstruksi [3]. Pengelasan logam tak sejenis bertujuan untuk mengurangi biaya material dan mendapatkan sifat tertentu dari salah satu logam induk yang tidak dimiliki oleh logam induk lain [4].

Penelitian ini menggunakan logam induk baja karbon ASTM A36 dan baja tahan karat austenitik AISI 304 yang dilas dengan GMAW. Baja tahan karat AISI 304 dan baja karbon ASTM A36 sangat umum digunakan pada konstruksi dan permesinan karena

memiliki kekuatan dan keuletan yang tinggi dengan harga yang relatif lebih murah [5].

Distorsi pada sambungan las terjadi karena perbedaan ekspansi dan kontraksi termal pada logam las akibat panas yang dihasilkan oleh pengelasan. Distorsi menyebabkan berkurangnya keakuratan dimensi, kekuatan material, dan estetika dari struktur las [6]. Distorsi pada las juga mengindikasikan terjadinya tegangan sisa pada logam las. Semakin besar distorsi, tegangan sisa pada pengelasan juga semakin besar [7][8].

Penelitian tentang pengelasan logam tak sejenis antara baja karbon/paduan rendah dengan baja tahan karat austenitik sudah banyak dilakukan. Struktur mikro daerah terpengaruh panas pada baja tahan karat austenitik tidak mengalami banyak perubahan fase, sedangkan daerah terpengaruh panas pada baja karbon mengalami perubahan jika masukkan panas atau laju pendinginannya berbeda [9]. Selanjutnya Huang dkk.[10] mempelajari struktur mikro, sifat mekanis dan korosi sambungan las tak sejenis baja karbon S355JR dan baja tahan karat austenitik 316L dengan hasil menunjukkan bahwa struktur mikro pada las berupa austenit dengan lokasi patahan yang terjadi pada HAZ dari baja karbon, sedangkan laju korosi lebih rendah dari logam induk.

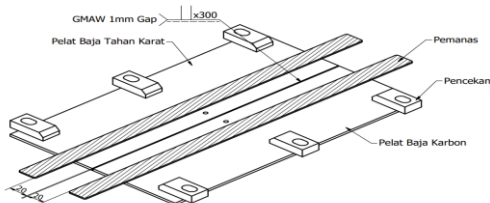
Meskipun beberapa penelitian tentang pengelasan logam tak sejenis ASTM A36 dan AISI 304 sudah dilakukan, namun topik penelitian tentang pengaruh *preheat* pada pengelasan ini belum banyak dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh *preheat* terhadap distorsi dan struktur mikro sambungan las tak sejenis antara ASTM A36 dan AISI 304.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Baja tahan karat austenitik AISI 304 dan ASTM A36 baja karbon dengan dimensi 300 mm x 100 x 3 mm digunakan pada penelitian ini sebagai logam induk sedangkan bahan elektrode menggunakan ER70s-6 dengan diameter 0,8 mm. Komposisi kimia dari masing-masing logam induk dan elektrode ER70s-6 dapat dilihat pada tabel 1.

Mesin las GMAW dengan penggerak otomatis digunakan untuk mengelas kedua logam induk. Proses pengelasan terlihat seperti pada gambar 1 dengan parameter-parameter pengelasan mengacu pada beberapa penelitian terdahulu [1], [5], [6], [11]. Nilai parameter pengelasan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Parameter yang divariasikan pada penelitian ini adalah temperatur *preheat*. Temperatur *preheat* 100°C, 150°C, dan 200°C digunakan pada proses pengelasan yang mengacu pada penelitian terdahulu [12]. Temperatur *preheat* lebih dari 100°C dapat menghilangkan kelembaban pada logam induk dan menghindari terjadinya penggetasan hidrogen [13]. Spesimen las tanpa perlakuan *preheat* juga dibuat sebagai pembandingan. Selama proses pengelasan, termokopel tipe K ditempatkan pada jarak 10 mm dari garis las untuk memonitor temperatur.



Gambar 1. Pengelasan dengan *preheat*

Setelah proses pengelasan selesai, distorsi pada pelat hasil pengelasan diukur menggunakan *dial indicator* pada arah panjang dan lebar pelat. Jarak antar titik pengukuran dibuat 10 mm.

Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan standar metalografi meliputi

pengampelasan (*grinding*), poles (*polishing*), dan etsa berupa larutan nital (2 ml HNO₃ + 98 ml etanol) untuk baja karbon, sedangkan untuk baja tahan karat menggunakan larutan *aqua regia* (20 ml HC + 15 ml HNO₃ dalam air)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran temperatur selama proses pengelasan logam dapat dilihat pada gambar 2, di mana siklus termal diambil dari masing-masing bagian pelat ASTM A36 dan AISI 304. Hasil pengukuran siklus termal pada gambar 2 dapat didekati dengan persamaan (1) [14].

$$T - T_0 = \frac{q_w}{h(4\pi k \rho c t)^{1/2}} \exp\left(-\frac{r^2}{4\alpha t}\right) \quad (1)$$

Di mana q_w : masukan panas, v : kecepatan las, T_0 : temperatur awal atau *preheat*, (ρc) : panas jenis per volume, k : konduktivitas termal, α : difusivitas termal yang besarnya $k/\rho c$, h : tebal pelat, t : jarak radial/ lateral dari pusat las.

Berdasarkan pengukuran siklus termal, peningkatan temperatur *preheat* menyebabkan peningkatan pada temperatur puncak dan memperlambat laju pendinginan. Temperatur puncak pada baja paduan rendah ASTM A36 sedikit lebih tinggi daripada baja tahan karat AISI 304. Salah satu penyebabnya adalah perbedaan sifat termal seperti konduktivitas panas (k), kapasitas panas (c), dan massa jenis (ρ) untuk kedua jenis baja tersebut. Laju pendinginan pada siklus termal ini sangat memengaruhi struktur mikro las.

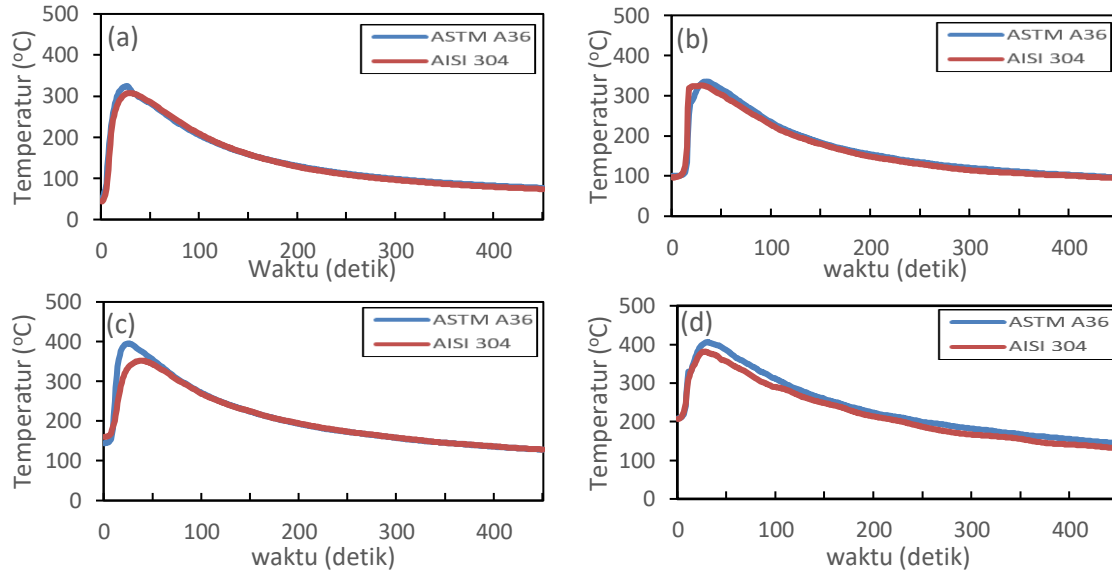
Gambar 3 memperlihatkan contoh distorsi pada pengelasan tak sejenis pada baja paduan rendah ASTM A36 dan baja tahan karat AISI 304, sedangkan gambar 5 adalah hasil pengukuran distorsi masing-masing pada baja paduan rendah ASTM A36 dan baja tahan karat AISI 304 untuk las dengan perlakuan *preheat* dan tanpa perlakuan *preheat*. Berdasarkan gambar 5, terlihat bahwa perlakuan *preheat* dapat menurunkan distorsi, di mana semakin tinggi temperatur *preheat* distorsi yang terjadi semakin kecil. Hal tersebut disebabkan karena perlakuan *preheat* pada pengelasan dapat membantu mengurangi perbedaan temperatur antara daerah las dan logam induk, sehingga tegangan termal tekan yang menyebabkan distorsi dapat dikurangi.

Tabel 1. Komposisi kimia logam induk dan elektrode (%massa)

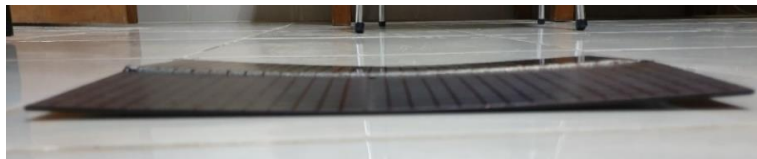
Material	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Cu
AISI 304	0,072	1,07	0,475	7,96	18,1	0,115	0,1	0,8
ASTM A36	0,109	0,42	0,128	0,0364	0,0174	0,003	0,0036	0,0074
ER 70s-6	0,06-0,15	1,4-1,85	0,8-1,15	0,15 max	0,15 max	0,15 max	0,03 max	0,5 max

Tabel 2. Kondisi pengelasan

Kondisi Pengelasan	Temperatur <i>preheat</i> (°C)	Voltase (volt)	Arus (A)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Kecepatan elektrode (mm/s)
A	-	21	115	7	21
B	100	21	115	7	21
C	150	21	115	7	21
D	200	21	115	7	21



Gambar 2. Siklus termal pengelasan: (a) tanpa perlakuan *preheat*, (b) *preheat* 100 °C, (c) *preheat* 150 °C, dan (d) *preheat* 200 °C



Gambar 3. Foto spesimen las yang terdistorsi

Berdasarkan gambar 5, distorsi pada masing-masing logam induk memiliki nilai yang berbeda. Distorsi pada baja tahan karat AISI 304 pada kondisi pengelasan tanpa perlakuan *preheat* cenderung lebih besar dibandingkan baja karbon A36. Hal tersebut disebabkan karena baja tahan karat memiliki koefisien muai termal yang lebih tinggi dari baja karbon. Kedua jenis logam induk mengalami penurunan distorsi setelah dilakukan *preheat*, namun distorsi pada baja tahan karat relatif lebih tinggi dibandingkan baja karbon. Kondisi distorsi pada pelat dapat dilihat pada gambar 6. Berdasarkan gambar 6 terlihat bahwa daerah dengan distorsi terbesar (warna biru) semakin menurun seiring dengan kenaikan temperatur *preheat*.

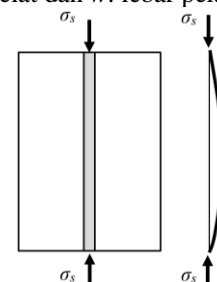
Mekanisme terjadinya distorsi dan pengendaliannya melalui *preheat* dapat dijelaskan seperti pada gambar 4 di bawah. Saat proses pendinginan las, bagian las akan mengalami tegangan termal tekan (*compressive*), σ_s searah las akibat penyusutan las (*shrinkage*) yang besarnya dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\sigma_s = \alpha_T E \Delta T_o \quad (2)$$

dengan α_T : koefisien muai las, E: modulus elastisitas dan $\Delta T_o = T - T_o$ adalah beda temperatur sebelum dan saat pengelasan. Selanjutnya distorsi (*buckling*) terjadi jika tegangan penyusutan ini melebihi tegangan kritis las (σ_{cr}) yang besarnya dinyatakan dengan [15]:

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E h^2}{12(1 - \nu^2) w^2} \quad (3)$$

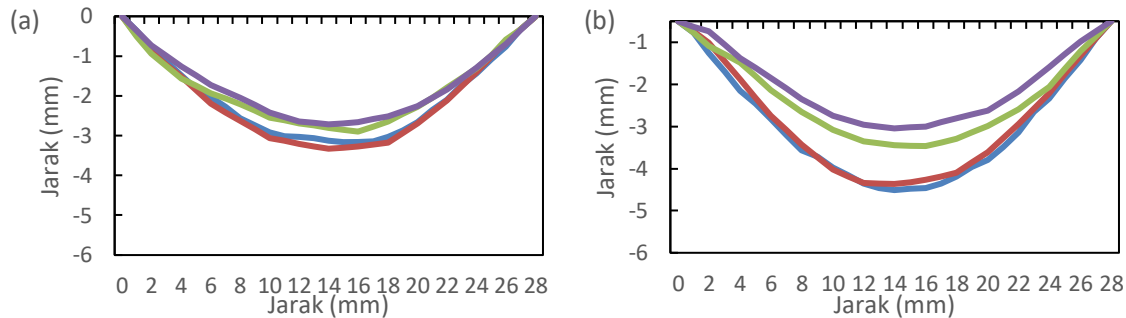
dengan k: konstanta, E: modulus Young, ν : *Poisson's ratio*, h: tebal pelat dan w: lebar pelat.



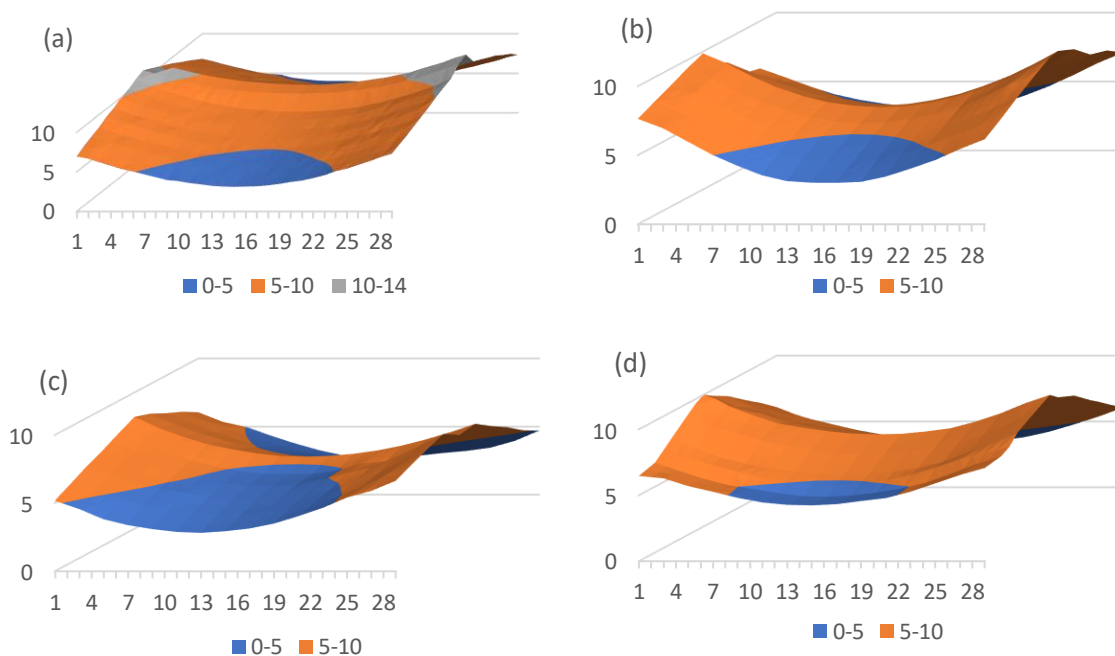
Gambar 4. Mekanisme distorsi longitudinal

Dari persamaan (2) terlihat jika temperatur awal atau *preheat* meningkat, maka nilai ΔT_0 menjadi kecil, sehingga tegangan longitudinal akibat penyusutan las

berkurang. Hal tersebut menyebabkan distorsi las menjadi kecil.



Gambar 5. Distorsi pelat pada sisi (a) baja karbon, (b) baja tahan karat



Gambar 6. Distorsi pada pelat hasil pengelasan: (a) tanpa perlakuan *preheat*, (b) *preheat* 100 °C, (c) *preheat* 150 °C, dan (d) *preheat* 200 °C

Hasil pengamatan struktur mikro untuk sambungan las GMAW logam tak sejenis A36/AISI 304 dapat dilihat pada gambar 7, 8, dan 9. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada tiga daerah, yaitu daerah las, daerah terpengaruh panas atau HAZ, dan daerah logam induk. Gambar 7(a) dan 7(b), memperlihatkan struktur mikro dari logam induk baja karbon dan baja tahan karat. Baja karbon memiliki struktur mikro ferit dan sebagian kecil perlit, sedangkan baja tahan karat memiliki fase dengan matriks austenit.

Gambar 8(a)-8(d) menunjukkan struktur mikro daerah terpengaruh panas atau HAZ dari baja karbon. Berdasarkan pengamatan struktur mikro, daerah HAZ pada baja karbon terdiri dari ferit batas butir (*grain boundary ferrite*) yang terbentuk sepanjang batas butir

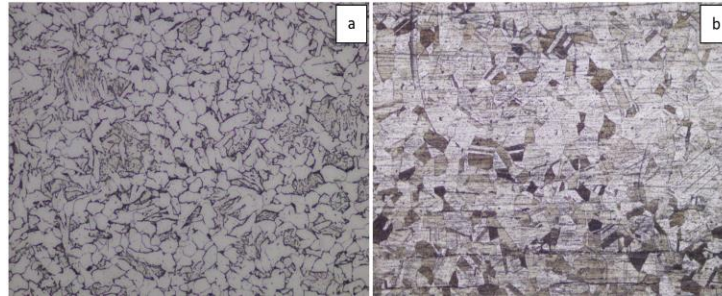
austenit (*prior austenite grain*) saat transformasi $\gamma \rightarrow \alpha$ terjadi selama pengelasan. Pembentukan ferit batas butir ini kemudian diikuti fase ferit widmanstatten dan/atau bainit yang terbentuk di dalam matriks butir austenite. Seiring meningkatnya temperatur *preheat*, laju pendinginan pada interval 800 °C ke 500 °C berkurang, sehingga jumlah ferit batas butir semakin meningkat dan disertai dengan terbentuknya ferit poligonal (*polygonal ferrite*) seperti terlihat pada HAZ *preheat* 200 °C pada gambar 2(d).

Gambar 8(e)-8(h), menunjukkan struktur mikro dari baja tahan karat AISI 304. Berdasarkan gambar tersebut, struktur mikro baja tahan karat tidak terpengaruh oleh temperatur *preheat* kecuali ukuran butir yang cenderung kasar dan kemungkinan endapan karbida pada daerah HAZ. Hal tersebut disebabkan

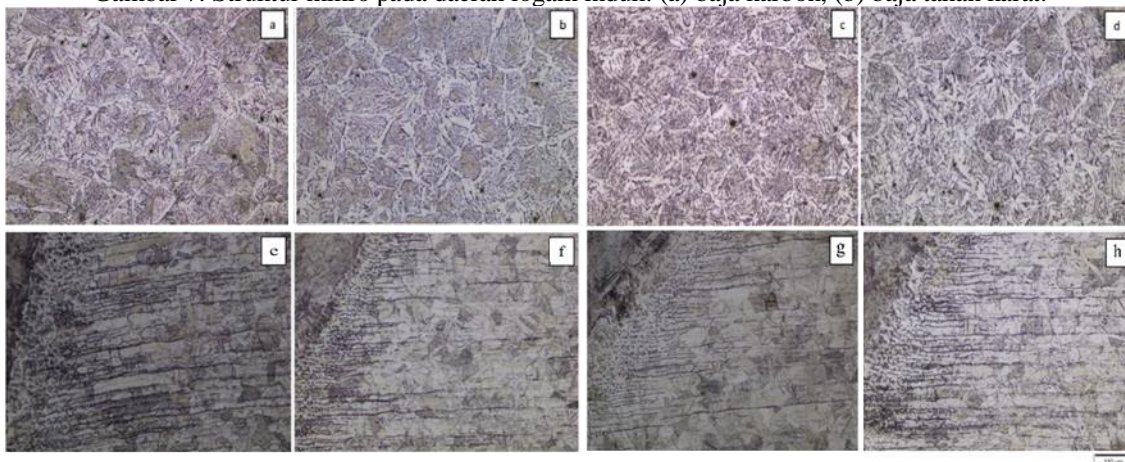
oleh baja tahan karat tipe austenit lebih dipengaruhi oleh komposisi daripada laju pendinginan. Adanya garis-garis sejajar searah dengan arah rol di sekitar batas las dan HAZ kemungkinan akibat adanya slip dan kembaran (*twinning*) yang biasanya ditemukan pada baja tahan karat austenitik.

Pengamatan struktur mikro di daerah las untuk berbagai jenis temperatur *preheat* terlihat pada gambar 9. Logam las dengan fase martensit terbentuk karena komposisi pada material berubah akibat campuran logam pengisi (elektrode) las dengan logam induk baja

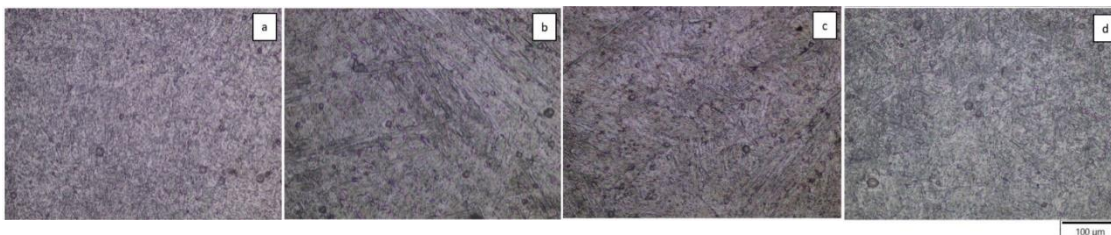
karbon dan baja tahan karat austenitik. Kandungan unsur penstabil austenit seperti nikel (Ni) dan mangan (Mn) pada baja tahan karat yang tercampur pada logam las menyebabkan fase martensit lebih mudah terbentuk. Pengaruh *preheat* terhadap struktur mikro daerah las adalah munculnya fase martensit bilah (*lath martensite*). Fase martensit bilah ini dapat terbentuk pada laju pendinginan yang lebih rendah, sedangkan fase martensit pelat (*plate martensite*) terjadi pada las tanpa *preheat* dimana laju pendinginan relatif lebih cepat.



Gambar 7. Struktur mikro pada daerah logam induk: (a) baja karbon, (b) baja tahan karat.



Gambar 8. (a),(b),(c),(d) Struktur mikro daerah terpengaruh panas (HAZ) masing-masing: tanpa perlakuan *preheat*, *preheat* 100 °C, *preheat* 150 °C, dan *preheat* 200 °C dan (e),(f),(g),(h) Struktur mikro HAZ untuk baja tahan karat masing-masing: tanpa perlakuan *preheat*, *preheat* 100 °C, *preheat* 150 °C, dan *preheat* 200 °C.



Gambar 9. Struktur mikro pada daerah las: (a) tanpa perlakuan *preheat*, (b) *preheat* 100 °C, (c) *preheat* 150 °C, dan (d) *preheat* 200 °C.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan eksperimen yang dilakukan, kesimpulan dari hasil penelitian ini dapat disampaikan pada pernyataan-pernyataan di bawah ini:

- Perlakuan *preheat* dapat menurunkan laju pendinginan di daerah las dan HAZ.
- Perlakuan *preheat* dapat memperkecil distorsi pada hasil las akibat penurunan gradien temperatur antara daerah las dan logam induk.

- Peningkatan temperatur *preheat* menyebabkan perubahan struktur mikro di daerah HAZ baja karbon, ditandai dengan peningkatan ferit batas butir (*grain boundary ferit*) dan ferit poligonal (*polygonal ferit*), sedangkan HAZ pada logam induk baja tahan karat austenitik tidak mengalami perubahan. Perubahan struktur mikro juga terjadi di daerah las dimana martensit bilah (*lath martensite*) cenderung terbentuk pada daerah las dengan temperatur *preheat* lebih tinggi.
- Hasil-hasil penelitian ini berpotensi untuk diaplikasikan pada pengelasan struktur yang menggunakan sambungan las tak sejenis.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Politeknik Manufaktur Astra, dan Universitas Gadjah Mada sebagai pihak yang mendukung penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kah, P., R. Suoranta, and J. Martikainen. 2013. "Advanced Gas Metal Arc Welding Processes." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 67(1-4):655-74.
- [2] Sakthivel, P., V. Manobbala, T. Manikandan, Z. Mohammed Arman Salik, and G. Rajkamal. 2020. "Investigation on Mechanical Properties of Dissimilar Metals Using MIG Welding." *Materials Today: Proceedings* (xxxx).
- [3] Nugroho, Sri, and Rusnaldy Rusnaldy. 2014. "Analisis Kebocoran Pipa Reformer Di Sebuah Perusahaan Petrokimia." *Rotasi* 16(2):27.
- [4] Biswas, Amit Ratan, Sadananda Chakraborty, Partha Sarathi Ghosh, and Dipankar Bose. 2018. "Study of Parametric Effects on Mechanical Properties of Stainless Steel (AISI 304) and Medium Carbon Steel (45C8) Welded Joint Using GMAW." *Materials Today: Proceedings* 5(5):12384-93.
- [5] Abioye, T. E., O. E. Ariwoola, T. I. Ogedengbe, P. K. Farayibi, and O. O. Gbadeyan. 2019. "Effects of Welding Speed on the Microstructure and Corrosion Behavior of Dissimilar Gas Metal Arc Weld Joints of AISI 304 Stainless Steel and Low Carbon Steel." *Materials Today: Proceedings* 17:871-77.
- [6] Abdul Kadir, Mohd Hafiza, Mebrahitom Asmelash, and Azmir Azhari. 2020. "Investigation on Welding Distortion in Stainless Steel Sheet Using Gas Tungsten Arc Welding Process." *Materials Today: Proceedings* (xxxx):3-8.
- [7] Banik, Sayantan Das, Suranjit Kumar, Pawan Kumar Singh, Sujay Bhattacharya, and Manas Mohan Mahapatra. 2021. "Distortion and Residual Stresses in Thick Plate Weld Joint of Austenitic Stainless Steel: Experiments and Analysis." *Journal of Materials Processing Technology* 289(October 2020):116944.
- [8] Bajpei, Tapas, H. Chelladurai, and M. Zahid Ansari. 2017. "Experimental Investigation and Numerical Analyses of Residual Stresses and Distortions in GMA Welding of Thin Dissimilar AA5052-AA6061 Plates." *Journal of Manufacturing Processes* 25:340-50.
- [9] dos Santos, Felipe José, Gabriel Benedet Dutra, and Tiago Vieira da Cunha. 2019. "Microstructural and Mechanical Evaluation of a Dissimilar Joining between SAE 1020 and AISI 304 Steel Obtained via Ultra-High-Frequency-Pulsed GTAW." *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 41(1).
- [10] Huang, B. S., J. Yang, D. H. Lu, and W. J. Bin. 2016. "Study on the Microstructure, Mechanical Properties and Corrosion Behaviour of S355JR/316L Dissimilar Welded Joint Prepared by Gas Tungsten Arc Welding Multi-Pass Welding Process." *Science and Technology of Welding and Joining* 21(5):381-88.
- [11] Tasalloti, H., P. Kah, and J. Martikainen. 2014. "Effects of Welding Wire and Torch Weaving on GMAW of S355MC and AISI 304L Dissimilar Welds." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 71(1-4):197-205.
- [12] Kumar, Bikash, Swarup Bag, and C. P. Paul. 2019. "Influence of Heat Input on Welding Induced Distortion for Yb-Fibre Laser Welded Thin Sheets." *Materials Today: Proceedings* 26:2040-46.
- [13] Lin, Y. C., and K. H. Lee. 1997. "Effect of Preheating on the Residual Stress in Type 304 Stainless Steel Weldment." *Journal of Materials Processing Technology* 63(1-3):797-801.
- [14] Poorhaydari, K., B. M. Patchett, and D. G. Ivey. 2005. "Estimation of Cooling Rate in the Welding of Plates with Intermediate Thickness." *Welding Journal (Miami, Fla)* 84(10).
- [15] Yang, Y. P., and P. Dong. 2012. "Buckling Distortions and Mitigation Techniques for Thin-Section Structures." *Journal of Materials Engineering and Performance* 21(2):153-60.