



PENGARUH TEMPERATUR PELAT-LANDASAN PADA *JIG HOT-GAS WELDING* DAN SUDUT *V-GROOVE* TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS HDPE *SHEET*

Agus Setiawan^{1*}, Kris Witono¹, Gumono¹

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Malang

*Email Penulis: agus.setiawan@polinema.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 16/06/2022
Naskah Direvisi 20/06/2022
Naskah Disetujui 27/06/2022
Naskah Online 30/06/2022

ABSTRAK

The welding process has developed rapidly at this time, both for metallic and non-metallic materials. One of the non-metallic materials that are joined by welding process is plastic material. At this time the use of product made of plastic materials increasing, so the welding process of the plastic materials using the hot-gas welding (HGW) method. It is known that in the welding process the conductivity of the materials greatly affects the quality of the welded joint, the higher the conductivity, the better the quality of the welding result. On the other hand, it is known that plastic material has low level of conductivity, so the plastic welding process will become an obstacle. The purpose of this research is to conduct a study to improve the quality of welded joints of plastic material specifically for HDPE material, namely to determine the effect of the temperature of the base plate on the hot-gas welding jig and V-groove angle on the tensile strength of HDPE sheet welded joints. The research method uses experimental with variations in the temperature of the base plate 30°C, 70°C, 110°C, and 150°C, while variation of the V-groove angle used are 40°, 60°, and 75°. The tensile test standard uses the ASTM D 638-03 standard, as supporting data, macrostructure photo of each welded joint is carried out. The results of this study obtained that the temperature of the base plate and V-groove angle effect the tensile strength of HDPE sheet weld during the hot-gas welding process. The result of the interaction between the temperature variation of base plate and the variation of the V-groove angle are 150°C and 60° respectively, the maximum value of the tensile strength of welded joints is 18.8 M Pa or 87.5% of the tensile strength of HDPE sheet without joint.

Keywords: base plate, HDPE sheet, jig hot-gas welding, tensile strength, temperature, welding joint, Vgroove angle.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan material non logam yaitu plastik seperti *Polypropylene (PP)*, *Poly Vinyl Chloride (PVC)*, *Low Density Poly-Ethylene*, *High Density Poly-Ethylene (HDPE)* dan lain-lain dapat dijumpai pada bermacam industri dari industri kimia, logistik, sampai dengan otomotif.

Material plastik pada umumnya adalah material yang mudah patah dan retak, dua hal tersebut dapat diperbaiki dengan suatu metode pengelasan plastik *hot-gas welding (HGW)*.

HGW adalah suatu proses pengelasan untuk material termoplastik. HGW ditemukan pada pertengahan abad 20, pada proses pengelasan ini aliran udara dipanaskan untuk memanasi dan melelehkan material induk termoplastik dan *filler rod* termoplastik.

Pada proses pengelasan plastik, banyak upaya untuk mendapatkan karakteristik dan sifat sambungan yang hampir sama dengan sifat material plastik tanpa sambungan las (material induk), pada umumnya hasil pengelasan material plastik pada saat ini masih menghasilkan kekuatan mekanis yang masih lebih rendah dari kekuatan mekanis material plastik tanpa sambungan pengelasan [1].

Macam-macam metode pengelasan material plastik yang pada saat ini digunakan antara lain *hot-gas welding* (HGW), *heated tool welding* (HTW), *induction welding*, dan *friction stir welding* (FSW). Untuk metode proses pengelasan material plastik dengan yang paling banyak digunakan adalah *hot gas welding* (HGW) karena metode tersebut dapat diandalkan dan menguntungkan secara teknis dari penelitian dan sudut pandang produksi [2].

Pada pengelasan sering digunakan proses *preheating* atau pemanasan awal, dimana proses tersebut bertujuan untuk menstabilkan suhu spesimen sebelum dilakukan proses pengelasan dan agar tidak terjadi cacat atau kerusakan serta meningkatkan sifat mekanis dari spesimen yang akan dilas [3].

Penggunaan pelat landasan sebagai pemanas selama proses pengelasan *friction stir welding* (FSW) dapat meningkatkan kualitas sambungan serta meningkatkan homogenitas sambungan dari las lembaran HDPE [4].

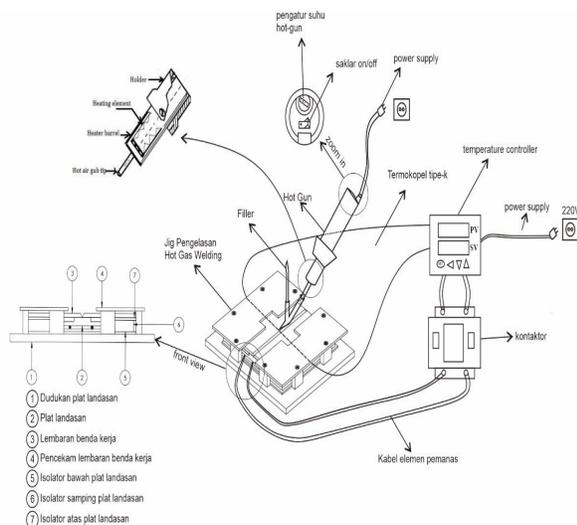
Pengkondisian temperatur material pada proses penyambungan lembaran HDPE dengan metode *hot-gas welding* (HGW) dimana material dipanaskan dengan pemanas yang terdapat pada pelat landasan dari *jig hot-gas welding* menghasilkan karakteristik kekuatan sambungan las yang lebih baik dibandingkan kondisi material tanpa pemanasan [5].

Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk dan sudut kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut. Variasi sudut kampuh sambungan lasan diatur agar mengetahui pengaruh luasan area dan distribusi panas lasan terhadap kekuatan mekanis lasan [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Skema Instalasi Penelitian

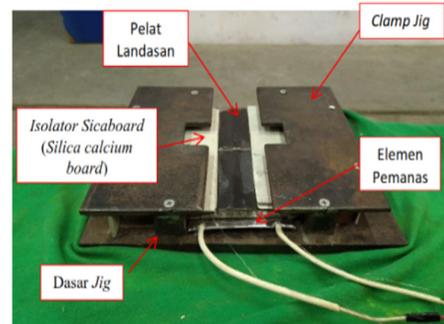
Gambar 1 adalah skema instalasi penelitian *hot-gas welding* (HGW) untuk material HDPE sheet.



Gambar 1. Skema instalasi penelitian *hot-gas welding* (HGW)

Untuk skema instalasi diperjelas dengan gambar 2 sampai dengan 4. Gambar 2 adalah *jig hot-gas welding*

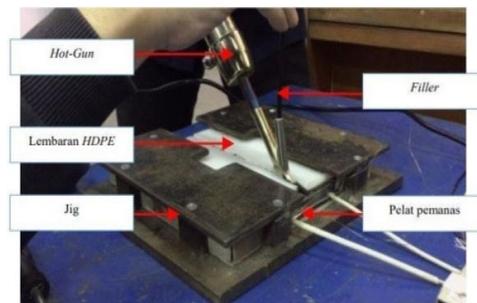
(HGW) dengan penambahan elemen pemanas yang diletakkan pada dasar pelat landasan dari *jig HGW*, gambar 3 adalah persiapan sudut *V-groove* pada spesimen, dan gambar 4 adalah proses pengelasan spesimen HDPE sheet, dimana spesimen dicekam di atas *jig hot-gas welding* (HGW).



Gambar 2. *Jig hot-gas welding* (HGW)



Gambar 3. Persiapan sudut *V-groove* pada spesimen



Gambar 4. Proses pengelasan spesimen dengan HGW

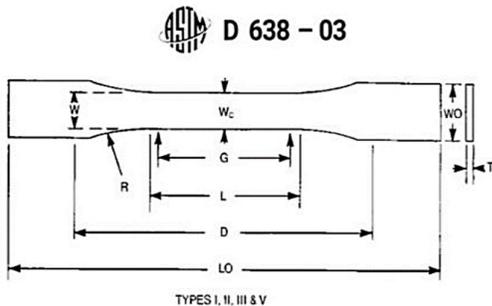
2.2 Metologi Penelitian

Pada penelitian ini material yang disambung dengan proses *hot-gas welding* (HGW) adalah *High Density Poly-Ethylene* (HDPE) warna putih dengan ukuran masing-masing 165 x 100 x 5 mm, dimana spesifikasi mekanis dari matetial ditunjukkan pada tabel 1. Proses HGW menggunakan alat las *hot-gun welding* dengan daya 1050 Watt, dimana parameter temperatur udara panas diatur pada 250°C. Bahan tambah (*filler rod*) yang digunakan adalah HDPE rod warna hitam dengan diameter 4 mm. Pemanas yang digunakan untuk pemanas spesimen adalah elemen kawat pemanas dengan daya 500-Watt yang ditempatkan di dalam pelat landasan *jig HGW*. Kawat pemanas berfungsi sebagai pemanas spesimen pada saat awal dan selama proses pengelasan HGW. Dua variasi yang digunakan pada penelitian masing-masing yaitu temperatur pelat landasan: 30°C, 70°C, 110°C, dan 150°C, dan variasi sudut *V-groove*

yang digunakan 40°, 60°, dan 75°. Standar uji tarik menggunakan standar ASTM D 638-03 [7]. yang dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 1. Spesifikasi mekanis HDPE

Sifat Mekanis Plastik HDPE	
Berat Jenis (kg/m ³)	0,95-0,96
Titik Lebur (°C)	124°C
Derajat Kristalinitas (%)	85-95
Kekuatan Tarik (kgf/cm ²)	245
Kekuatan Tarik (MPa)	28 MPa



Gambar 5. Standar uji tarik ASTM D-638

Keterangan gambar 5 untuk dimensi benda uji tarik, terdapat pada tabel 2:

Tabel 2. Dimensi benda uji tarik sesuai standar ASTM D 638-03

Notasi	Dimensi
Lebar (W)	13 ± 0,5 mm
Panjang (L)	57 ± 0,5 mm
Lebar keseluruhan (Wo)	19 ± 6,4 mm
Panjang keseluruhan (Lo)	183 (toleransi no max)
Panjang ukur (G)	50 ± 0,25 mm
Jarak antar grip (D)	115 ± 5 mm
Jari-jari fillet (R)	76 ± 1 mm

Untuk mengontrol temperatur pemanas pada *jig* HGW menggunakan temperatur kontrol digital tipe PID Rex C400 output SSR, dengan spesifikasi sebagai berikut: *dual display* untuk Celsius (°C), *input* termokopel tipe K, range temperatur: 0-400°C, *output* utama: pendinginan/pemanasan SSR-PID, parameter kontrol PID yang dapat diprogram secara individu/ kontrol *on-off*, keakurasian pengukuran temperatur: 0.5%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kekuatan Tarik Sambungan Las

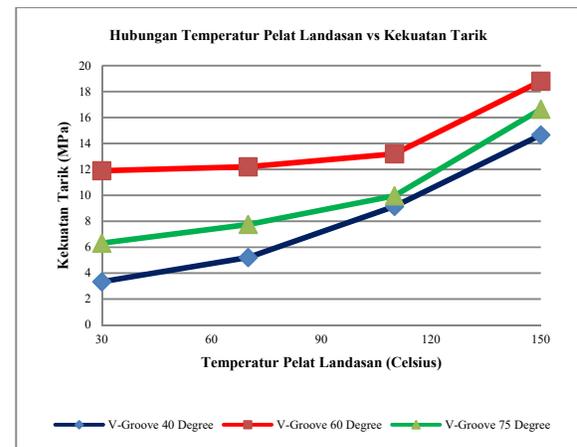
Tabel 3 adalah data hasil pengujian tarik spesimen sambungan las material HDPE *sheet* dengan kombinasi variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* sesuai standar ASTM D 638-03.

Tabel 3. Data hasil pengujian tarik HDPE *sheet*

No	Sudut bevel	Pelat Landasan	Kekuatan Tarik (MPa)				Rata-rata(MPa)
			Pengulangan				
			I	II	III	IV	
1	40°	30°C	2,12	2,44	4,17	3,72	3,34
		70°C	5,6	6,62	4,32	4,31	5,21
		110°C	4,36	10,17	11,49	10,55	9,14
		150°C	18,11	16,18	17,07	7,22	14,65
2	60°	30°C	10,89	15,07	17,07	9,75	11,9
		70°C	13,53	10,62	16	8,51	12,2
		110°C	11,32	13,31	13,6	14,53	13,2
		150°C	20,42	21,07	18,09	15,68	18,8
3	75°	30°C	6,66	5,19	6,82	6,56	6,31
		70°C	5,94	5,12	8,97	10,95	7,75
		110°C	11,2	8,98	8,82	10,84	9,96
		150°C	16,78	17,31	16,87	15,59	16,64
4		Material Tanpa Sambungan	13,65	27,32	25,53	19,43	21,48

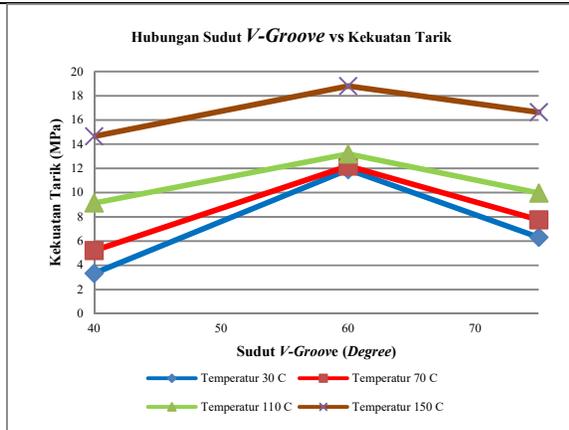
Sumber: analisa laboratorium

Pengaruh temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* terhadap kekutan tarik sambungan las HDPE *sheet* masing-masing dapat dilihat pada gambar 6, dan gambar 7.



Gambar 6. Grafik hubungan temperatur pelat landasan vs kekuatan tarik

Pada gambar 6 menunjukkan hubungan antara temperatur pelat landasan dan kekuatan tarik sambungan las material HDPE *sheet*, hubungan kedua variasi tersebut terlihat linier, dimana pada grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya temperatur pelat landasan pada *jig* HGW, kekuatan tarik sambungan lasnya semakin meningkat juga. Pada proses pengelasan telah diketahui bahwa material yang mempunyai nilai konduktifitas panas yang tinggi, sifat mampu lasnya adalah baik, material yang mempunyai konduktivitas yang baik pada umumnya adalah material logam Untuk material plastik telah diketahui nilai konduktifitas adalah rendah, sehingga sifat mampu lasnya tidak baik, Dari grafik pada gambar 6 sifat mampu las yang rendah dapat diselesaikan permasalahannya dengan cara memberi tambahan panas pada spesimen dalam hal ini material HDPE *sheet* sebelum dan selama proses pengelasan HGW.



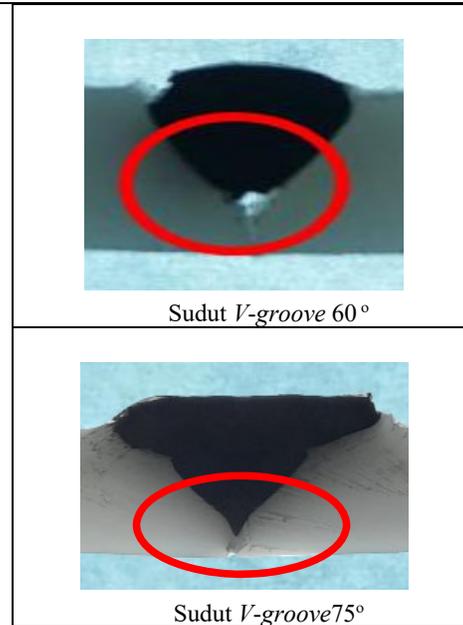
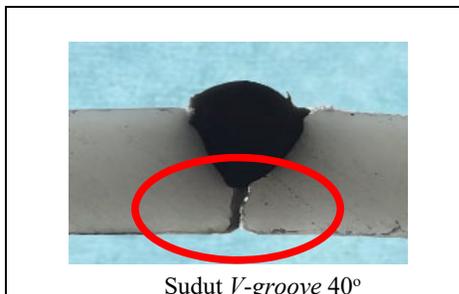
Gambar 7. Grafik hubungan sudut V-groove vs kekuatan tarik

Pada gambar 7 menunjukkan hubungan antara sudut *V-groove* dengan kekuatan sambungan las material HDPE sheet, dimana pada grafik tersebut hubungan antara kedua variabel tersebut tidak linier. Dimulai dari sudut *V-groove* yang nilainya semakin meningkat dari 40° sampai dengan 60°, menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya nilai sudut *V-groove* nilai kekuatan sambungan las juga mengalami peningkatan, tetapi sebaliknya kekuatan sambungan las nilainya semakin menurun ketika sudut *V-groove* dimulai dari 60° sampai dengan 75°.

Dari gambar 6 dan 7 diperoleh nilai kekuatan sambungan las material HDPE sheet yang optimum diperoleh dari variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* masing-masing 150°C dan 60°, dimana diperoleh nilai kekuatan tariknya adalah 18,8 MPa atau 87,5% dari kekuatan tarik material HDPE sheet induk (tanpa ada sambungan las). Untuk nilai kekuatan tarik sambungan las yang terendah diperoleh dari variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* masing-masing 30°C dan 40°.

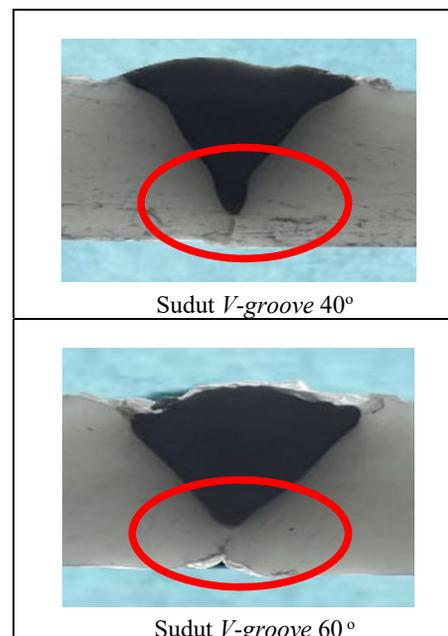
3.2 Makrostruktur Sambungan Las Material HDPE Sheet

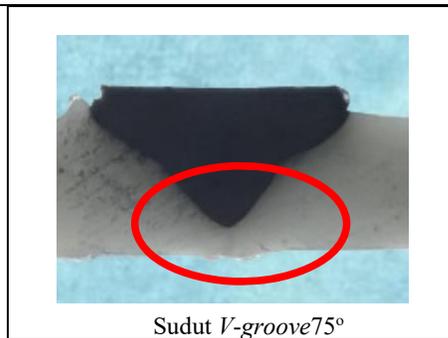
Pengamatan makrostruktur dilakukan untuk mengetahui cacat las yang terjadi pada proses pengelasan dengan menggunakan metode *hot-gas welding* (HGW). Pada gambar di bawah ini (gambar 8 sampai dengan 11) adalah hasil foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet hasil pengelasan HGW dari variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove*.



Gambar 8. Foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada temperatur pelat landasan 30°C

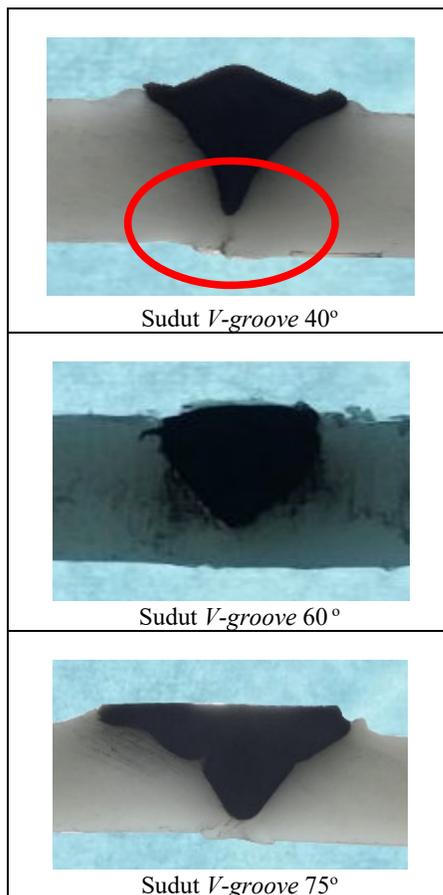
Gambar 8 adalah foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada variasi temperatur pelat landasan 30°C dengan sudut *V-groove* masing-masing 40°, 60°, dan 75°. Pada bagian *root* sambungan las terdapat cacat las *incomplete penetration* (garis oval) dan pada daerah pertemuan antara material *filler* dengan material induk pada sisi permulaan *bevel* belum fusi. Dari dua identifikasi yang terdapat pada sambungan las tersebut menunjukkan bahwa temperatur proses pengelasan masih rendah.





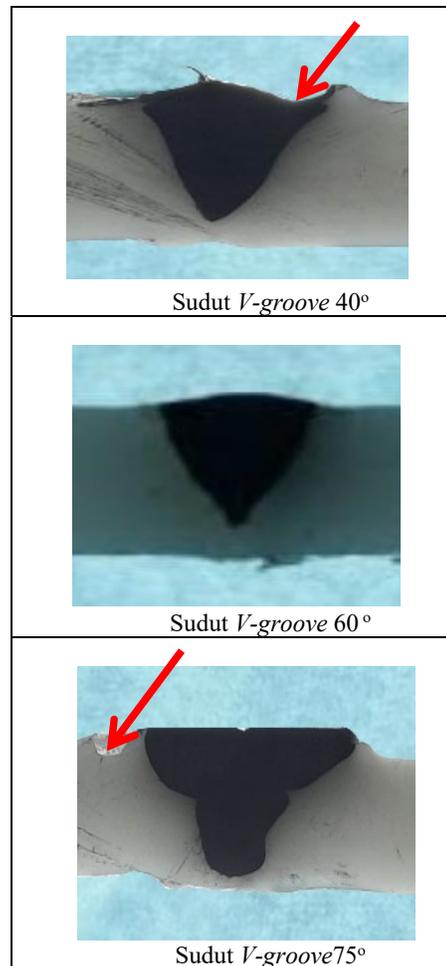
Gambar 9. Foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada temperatur pelat landasan 70°C

Gambar 9 adalah foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada variasi temperatur pelat landasan 70°C dengan sudut *V-groove* masing-masing 40°, 60°, dan 75°. Pada bagian root masih terdapat cacat las *incomplete penetration* (garis oval) dan material *filler* pada sisi permulaan *bevel* cukup fusi dengan material induk. Hal ini mengidentifikasi bahwa temperatur pengelasan sudah lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 30°C. Bila dirujuk dari grafik pada gambar 7 memastikan bahwa kekuatan tarik sambungan las material HDPE sheet lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 30°C.



Gambar 10. Foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada temperatur pelat landasan 110°C

Gambar 10 adalah foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada variasi temperatur pelat landasan 110°C dengan sudut *V-groove* masing-masing 40°, 60°, dan 75°. Pada bagian root masih terdapat cacat las *incomplete penetration* (garis oval) yaitu hanya pada variasi sudut 40° dan material *filler* pada sisi permukaan *bevel* cukup fusi dengan material induk, hal ini mengidentifikasi bahwa temperatur pengelasan sudah lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 70°C. Bila dirujuk dari grafik pada gambar 7 memastikan bahwa kekuatan tarik sambungan las material HDPE sheet lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 70°C.



Gambar 11. Foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada temperatur pelat landasan 150°C

Gambar 11 adalah foto makrostruktur sambungan las material HDPE sheet pada variasi temperatur pelat landasan 150°C dengan sudut *V-groove* masing-masing 40°, 60°, dan 75°. Pada bagian root tidak terdapat cacat las *incomplete penetration* tetapi muncul cacat las *undercut* (tanda panah) yaitu pada variasi sudut *V-groove* 40° dan 75°, fusi antara material *filler* dengan material induk pada sisi permukaan *bevel* terlihat baik. Hal ini mengidentifikasi bahwa temperatur pengelasan sudah lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 110°C. Bila dirujuk dari

grafik pada gambar 7 memastikan bahwa kekuatan tarik sambungan las material HDPE *sheet* lebih tinggi dari kondisi variasi temperatur pelat landasan 110°C. Foto makrostruktur sambungan las untuk variasi temperatur pelat landasan 150°C dan sudut *V-groove* 60° tampak paling baik, tanpa ada cacat las, membuktikan bahwa pada variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* nilai kekuatan sambungan lasnya adalah yang paling tinggi.

4. KESIMPULAN

1. Variasi temperatur pelat landasan selama proses *hot-gas welding* (HGW) berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik sambungan las HDPE *sheet*. Hubungan antara temperatur pelat landasan dan kekuatan tarik adalah linier, dengan meningkatnya temperatur pelat landasan menghasilkan kekuatan sambungan las yang semakin meningkat.
2. Variasi sudut *V-groove* berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik sambungan las HDPE *sheet*. Hubungan antara temperatur pelat landasan dan kekuatan tarik adalah tidak linier. Semakin besar nilai sudut *V-groove* mulai dari 40° sampai dengan 60° berdampak kenaikan nilai kekuatan tarik sambungan las, tetapi semakin meningkatnya nilai sudut *V-groove* mulai dari 60° sampai dengan 75° berdampak menurunnya nilai kekuatan tarik sambungan las.
3. Sifat mampu las dari material plastik dapat ditingkatkan dengan memberikan tambahan panas pada material plastik sebelum dan selama proses pengelasan HGW. Nilai kekuatan tarik sambungan las material HDPE *sheet* yang optimum didapatkan dari interaksi antara variasi temperatur pelat landasan dan sudut *V-groove* masing-masing 150°C dan 60° dengan nilai kekuatan tarik sebesar 18,8 MPa atau 87,5% dari material tanpa sambungan,

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahamad, H., Alam, M., Pandey, S. N., & Lecturer, S. (2016). *Welding of Plastics through Hot Gas Technique: A Review*. 1(6), 71–75.
- [2] Alam, M., Rahim, R. U., & Suhail, M. (2015). *Empirical Modeling Relating Weld Current, Mass Flow Rate of Hot Air and Welding Speed to Stiffness of Hot Air Welded PVC Plastic*. (January 2016)
- [3] Dharmawan, Obie (2019) *Pengaruh Variasi Suhu Preheat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lebar Haz Pada Material A36 Dengan Menggunakan Metode Las Gtaw*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Setiawan, A., Irawan, Y., & Purnowidodo, A. (2011). *Pengaruh Temperatur Pelat Landasan Selama Proses Friction Stir Welding Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Lembaran HDPE*. *Rekayasa Mesin*, 2(3), 232–240
- [5] Setiawan, A., Agus, Y., Hadi, S., Susilo, H. S. 2020. *The Role of Base Plate Temperature of HDPE Sheet Tensile Strength and Impact on Hot Gas Welding*. *IJMPERD*, Vol. 10 (5), 597-602.
- [6] Pedapati, S. R., Sidiq, A. B., Awang, M., Hashim, F. M., Jebaraj, S. *Effeccet Bevel Angle on Tensile Strength of SS 304*

Steel Weld Joints, 2nd International Conference on Mechanical, Manufacturing and Process Plant Engineering, pp 95–106.

- [7] ASTM International E3-95 (2016), *Standart Practice of Preparation of Metallographic Spesimen*, 82(C), 1–15. <http://doi.org/10.1520/D0638-14.1>