

Pengaruh temperatur pelat landasan selama *hot gas welding* terhadap karakteristik kekuatan lasan lembaran HDPE

Agus Setiawan¹, Kris Witono², Riswan E.W. Susanto³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

³Jurusan Teknik Mesin, PSDKU Polinema Kediri

Malang, 65141, Indonesia

E-mail: agussetiawan_72@yahoo.com, k_witono@yahoo.com, risone79@gmail.com

Abstrak

Kegagalan material plastik seperti patah ataupun retak dapat diperbaiki dengan cara penyambungan. Dalam dunia industri penyambungan dua bagian plastik atau lebih dapat dilakukan dengan teknologi las plastik, salah satu metode pengelasan plastik yaitu *hot-gas welding* (HGW). HGW adalah salah satu proses pengelasan untuk material plastik, namun telah diketahui bahwa material plastik memiliki konduktivitas panas yang buruk. Tujuan penelitian untuk meningkatkan kualitas sambungan las material plastik dalam hal ini lembaran HDPE, dan mengetahui pengaruh dari temperatur pelat landasan dan temperatur *hot-gas* terhadap kekuatan tarik dan pukul, serta pengaruh interaksi dari temperatur pelat landasan dan temperatur *hot-gas* terhadap kekuatan tarik dan pukul. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah eksperimen dan metode pengolahan data menggunakan *DOE factorial*. Variasi temperatur pelat landasan saat proses pengelasan (30°C, 70°C, 110°C dan 150°C), serta temperatur aliran udara panas dari *hot-gun* (250°C, 300°C, dan 350°C). Untuk memperoleh data dilakukan dengan pengujian tarik dan pukul dengan menggunakan standar spesimen masing-masing ASTM D 638-03 dan ASTM D 6110. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa temperatur pelat landasan dan temperatur aliran udara panas *hot gun* selama proses *hot gas welding* berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan pukul sambungan las HDPE. Optimasi kekuatan tarik dan pukul masing-masing 18,78 MPa dan 0,018567 J/mm² (85,65% dan 89,74% dari kekuatan material HDPE tanpa sambungan), nilai tersebut diperoleh dari kombinasi temperatur pelat landasan 150°C dan aliran udara panas *hot gan* 250°C.

Kata Kunci: HDPE Sheet, Hot Gas Welding, Karakteristik Kekuatan, Lasan, Pelat Landasan, Temperatur

Abstract

Plastic material failures such as fractures or can be repaired by joining. In the industrial world, the joining of two or more plastic parts can be done with plastic welding technology, one of the methods of plastic welding is hot-gas welding (HGW). HGW is a welding process for plastic materials, but it is known that plastic materials have poor heat conductivity. The aim of this research is to improve the quality of plastic material joints, in this case HDPE sheets, and effect of the base plate temperature and hot-gas temperature on the strength and impact, as well as the interaction effect of the base plate temperature and hot-gas temperature on tensile and hit strength. The method used in data collection is data processing method using factorial DOE. The temperature variation of the base plate during the welding process (30° C, 70° C, 110° C and 150° C), as well as the temperature of the hot air flow from the hot-gun (250° C, 300° C, and 350° C). To obtain the data, it was carried out by tensile and hit tests using standard specimens, respectively ASTM D 638-03 and ASTM D 6110. From the research results, it was found that the ground temperature and hot air flow temperature of the hot gun during the hot gas welding process had an effect on the tensile strength and hit HDPE weld joints. Optimization of tensile strength and hitting strength, respectively 18.78 MPa and 0.018567 J/mm² (85.65% and 89.74% of the strength of HDPE without joints), these values are obtained from the combination of an anvil plate temperature of 150° C and flow hot air hot gan 250° C.

Keywords: HDPE Sheet, Hot Gas Welding, Strength Pronunciation, Weld, Foundation Plate, Temperature

1. Pendahuluan

Penggunaan material plastik abad 21 ini secara global mengalami trend peningkatan, hal tersebut terjadi karena material plastik memiliki keunggulan secara teknik dan ekonomis yaitu kuat, tidak berkarat, ringan, dapat didaur ulang, dan harga yang relatif murah. Material plastik bisa disebut

juga dengan polimer. Material plastik banyak digunakan sebagai pengganti material kayu ataupun logam. Material plastik sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari terutama di bidang industri dan otomotif. Dalam bidang industri contoh aplikasi penggunaan material plastik yaitu pipa air, tangki bahan kimia, partisi dan sebagainya, sedangkan dalam bidang otomotif material plastik

dapat dijumpai sebagai bahan dasar *part-part* kendaraan bermotor seperti *bumper*, *dasbor*, rumah spion, *body* dan lain-lain.

Kegagalan material plastik seperti patah ataupun retak dapat diperbaiki dengan cara penyambungan. Penyambungan dua bagian material plastik atau lebih telah dapat dilakukan dengan menggunakan suatu teknologi pengelasan plastik. Salah satu teknologi pengelasan material plastik yang telah dikembangkan pada pertengahan abad 20 adalah *Hot Gas Welding* (HGW).

Hot gas welding merupakan teknik pengelasan dimana material induk dan material pengisi (*filler*) dipanaskan menggunakan aliran udara panas bertekanan sampai batas temperatur pelunakannya. Penyambungan terjadi karena fusi yang terjadi secara bersamaan antara material plastik dan material pengisi (*filler*).[1]

Pengelasan plastik bisa dikatakan baik apabila karakteristik dari sambungan las dan homogenitasnya mendekati karakteristik dari material plastik tanpa sambungan, akan tetapi kekuatan mekanis hasil pengelasan yaitu pada sambungan lasnya pada umumnya mempunyai nilai yang masih lebih rendah dari kekuatan mekanis material tanpa pengelasan.[2]

Terdapat beberapa metode pengelasan material plastik yang saat ini telah digunakan yaitu: *Hot Gas Welding* (HGW), *Heated Tool Welding* (HTW), *Induction Welding*, dan *Friction Stir Welding* (FSW), dari metode pengelasan material plastik tersebut metode *Hot Gas Welding* (HGW) paling banyak digunakan. Metode *hot gas welding* paling dapat diandalkan dan menguntungkan secara teknis bila dilihat dari sudut pandang penelitian dan produksi.[3]

Pada proses pengelasan sering digunakan proses *preheating*/pemanasan awal, dimana proses *preheating* bertujuan untuk menstabilkan suhu spesimen sebelum dilakukan pengelasan agar tidak terjadi cacat/kerusakan serta meningkatkan sifat mekanis dari material yang akan dilakukan pengelasan[4].

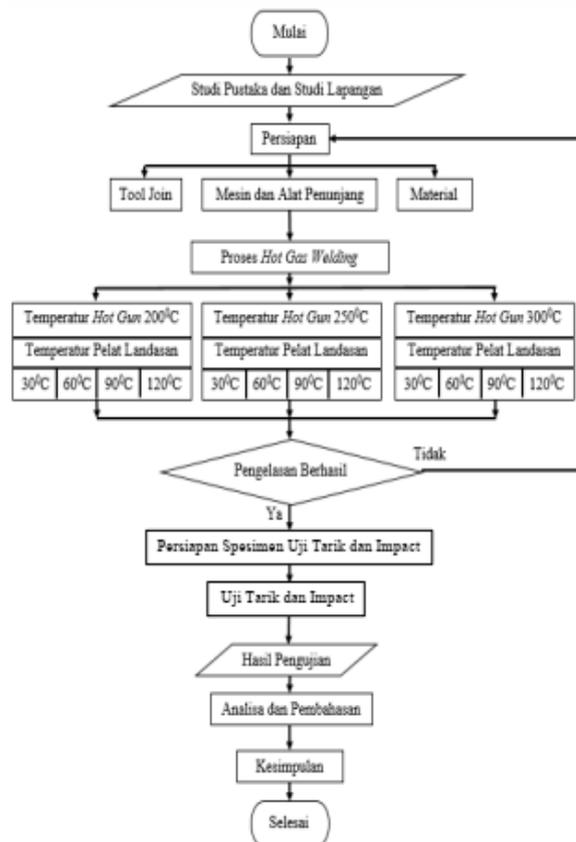
Penggunaan pelat landasan berpemanas yang diletakkan pada permukaan bawah lembaran HDPE yang akan dilas, dimana pemanas tersebut dapat diatur nilai temperaturnya sebelum dan selama proses pengelasan *friction stir welding* (FSW) ternyata dapat meningkatkan kekuatan tarik dan homogenitas sambungan las lembaran HDPE [5].

Dari latar belakang dan beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan meningkatkan kekuatan dan homogenitas dari sambungan las material plastik [6][7][8], maka pada penelitian ini dilakukan modifikasi proses *hot-gas welding* terhadap material plastik yaitu dengan menambahkan pelat landasan berpemanas yang diletakkan di bawah material plastik yang akan dilas. Pemanas yang terdapat pada pelat landasan tersebut akan memberikan panas terhadap material

yang tepatnya di sekitar daerah sambungan las (daerah HAZ), dan panas dari pemanas tersebut dikontrol stabil pada temperatur tertentu sebelum dan selama proses pengelasan hot gas welding. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pelat landasan berpemanas yang memberikan panas ke material sebelum dan selama proses pengelasan hot gas welding terhadap karakteristik kekuatan sambungan las HDPE sheet.

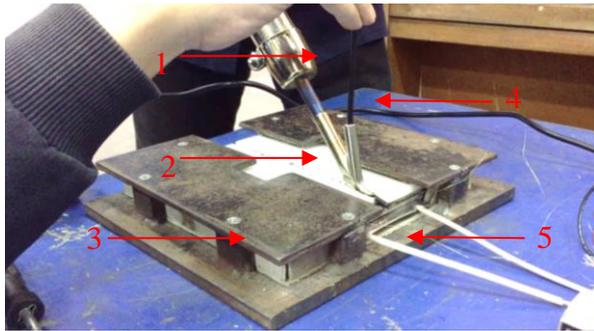
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menurut klasifikasi pendekatannya merupakan penelitian kuantitatif, karena menghitung kekuatan tarik dan kekuatan pukul (*impact*) dari sambungan las HDPE sheet. Menurut pengembangan ilmu pengetahuan, maka penelitian ini termasuk penelitian eksperimental. Pada gambar 1 merupakan diagram alir proses penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses pengelasan yang dilakukan dengan meletakkan lembaran HDPE pada *jig* selanjutnya mengatur temperatur pelat landasan dan temperatur *hot-gas* sesuai dengan level yang telah ditetapkan. Proses pengelasan dilakukan seperti gambar 2 dengan posisi pengelasan 1G.

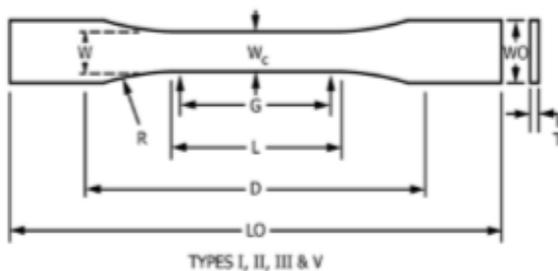


Gambar 2. Proses Pengelasan Spesimen

Keterangan untuk nomor penunjukkan, sebagai berikut:

- 1 : Hot-Gun
- 2 : Lembaran HDPE
- 3 : Jig
- 4 : Filler
- 5 : Pelat pemanas

Standar spesimen, pengujian tarik untuk material plastik menggunakan standar ASTM D 638-03 dengan jenis spesimen tipe II [9]. Gambar 3 adalah bentuk dan dimensi spesimen uji tarik yang digunakan.

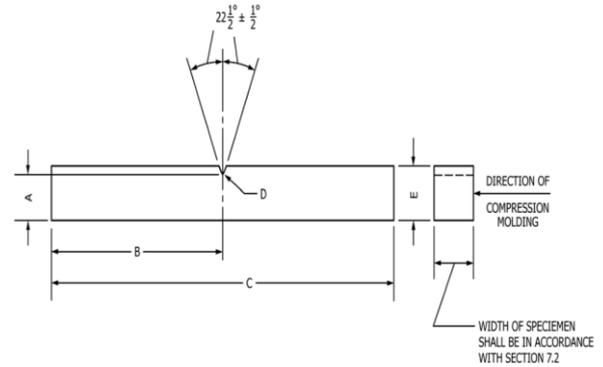


Gambar 3. Standar Spesimen Uji Tarik ASTM D 638-03

Keterangan untuk dimensi benda uji, adalah:

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

Standar pengujian pukul menggunakan metode charpy dari bahan plastik mempunyai standar Amerika yaitu ASTM D6110 [10]. Gambar 4 adalah bentuk dan dimensi spesimen uji pukul yang digunakan.



Gambar 4. Standar ASTM D6110

Keterangan untuk dimensi benda uji, adalah:

- Lebar (Width) = $3 - 12,7$ mm $\pm 0,15$
- Panjang (C) = $124,5 - 127$ mm
- Tebal (E) = $3 - 12,7$ mm $\pm 0,15$
- Radius Notch/Takik (A) = $0,25 \pm 0,05$ mm
- Sudut takik = $45^\circ \pm 0,5^\circ$
- Kedalaman Takik = $2,54$ mm

Setelah melakukan pengujian tarik dan pukul, data dikumpulkan dan dianalisa dengan software minitab 17. Pengolahan data menggunakan metode pendekatan *Design of Experiment (DOE) Factorial*. Metode pengujian menggunakan pengujian hipotesis dua arah, dimana metode ini menggunakan dua faktor dengan dua level atau lebih dan diikuti dengan replikasi disetiap level. Dua variabel bebas dengan masing-masing memiliki minimal 3 faktor, dan 4 kali replikasi/pengulangan pada setiap variasi kedua variabel bebas.

3. Hasil Dan Pembahasan

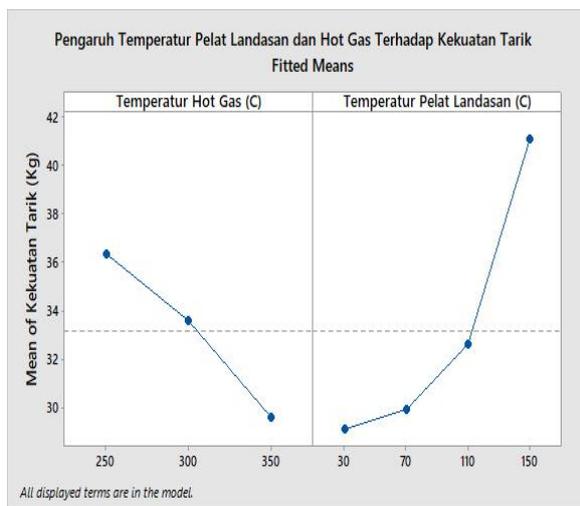
Pada tabel 1 merupakan hasil uji tarik spesimen sambungan las HDPE sheet pada masing-masing perlakuan, untuk tabel 2 merupakan hasil uji tarik spesimen sambungan las HDPE sheet pada masing-masing perlakuan.

Tabel 1. Data Kekuatan Tarik Maksimum Lasan HDPE Sheet

No	Temperatur		Kekuatan Tarik Maksimum (MPa)				X rata-rata
	Temperatur Hot Gas (°C)	Temperatur Pelat Landasan (°C)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	
1	250	30	10,12	5,07	8,37	8,73	8,04
		70	8,60	6,29	8,32	13,16	9,09
		110	13,73	8,68	11,76	12,41	11,64
		150	22,24	20,85	15,60	16,43	18,78
2	300	30	7,37	9,47	6,93	7,70	7,87
		70	12,26	7,90	8,45	9,26	9,47
		110	12,46	9,78	12,21	9,88	11,08
		150	16,78	13,49	14,09	17,73	15,52
3	350	30	14,80	10,46	14,04	11,37	12,67
		70	12,20	7,62	12,95	10,37	10,78
		110	8,21	9,70	10,15	9,05	9,28
		150	7,88	2,40	7,36	6,32	5,99
4	Material tanpa sambungan		13,93	27,88	26,05	19,83	21,92

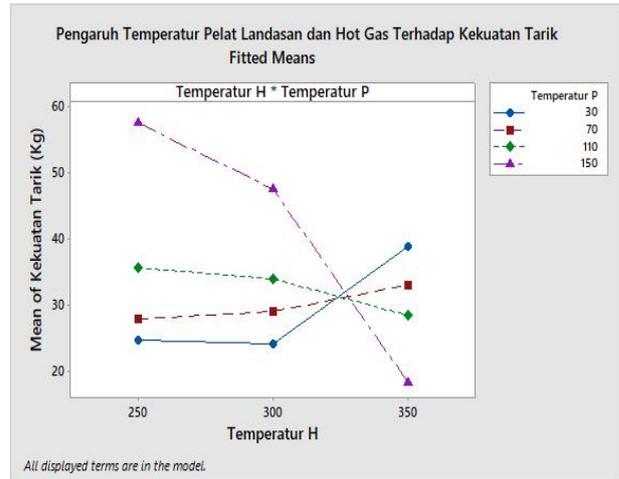
Tabel 2. Data Kekuatan Pukul Lasan HDPE Sheet

No	Temperatur		Kekuatan Pukul (Joule/mm ²)				
	Temperatur Hot Gas (°C)	Temperatur Pelat Landasan (°C)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X rata-rata
1	250	30	0.007862	0.012677	0.010313	0.007862	0.009678
		70	0.007862	0.017145	0.014955	0.010313	0.012569
		110	0.019247	0.014955	0.010313	0.019247	0.015940
		150	0.021260	0.017145	0.012677	0.023184	0.018567
2	300	30	0.012677	0.005326	0.007862	0.012677	0.009635
		70	0.007862	0.014955	0.007862	0.017145	0.011956
		110	0.014955	0.014955	0.012677	0.014955	0.014386
		150	0.017145	0.014955	0.019247	0.017145	0.017123
3	350	30	0.012677	0.012677	0.014955	0.007862	0.012043
		70	0.010313	0.007862	0.014955	0.010313	0.010860
		110	0.012677	0.005326	0.010313	0.012677	0.010248
		150	0.005326	0.005326	0.010313	0.007862	0.007206
4	Material tanpa sambungan		0.025017	0.025017	0.025017	0.025017	0.025017



Gambar 5. Grafik Faktorial Temperatur Pelat Landasan dan Temperatur Hot-Gas terhadap Kekuatan Tarik

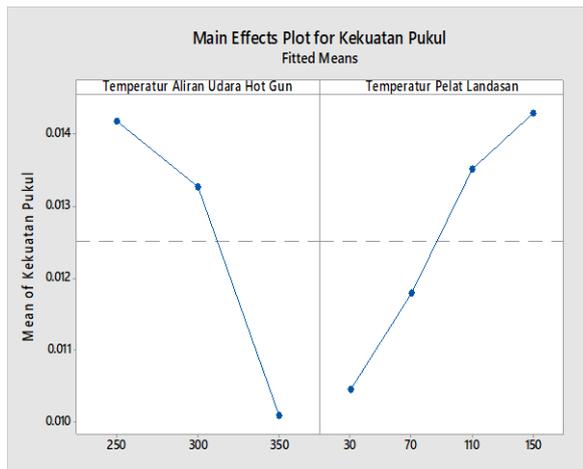
Pada gambar 5 adalah grafik faktorial temperatur hot-gas dan temperatur pelat landasan terhadap kekuatan tarik. Dari grafik tersebut dapat diketahui semakin tinggi temperatur hot-gas maka kekuatan tarik semakin menurun dan sebaliknya semakin tinggi temperatur pelat landasan maka kekuatan tarik semakin meningkat.



Gambar 6. Grafik Interaksi Pengaruh Temperatur Pelat Landasan dan Temperatur Hot Gas terhadap Kekuatan Tarik

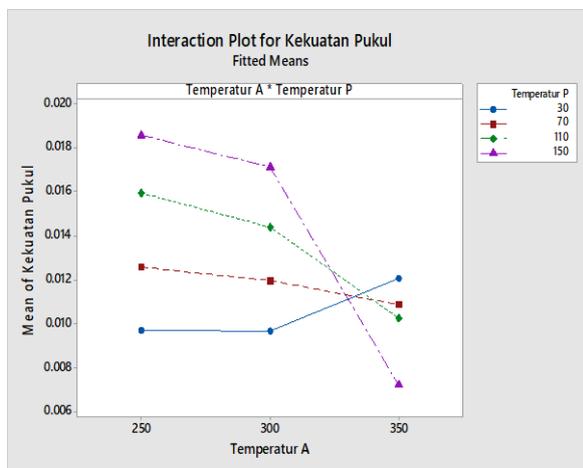
Gambar 6 merupakan grafik interaksi antara temperatur hot gas dan temperatur pelat landasan yang bertujuan mengetahui pengaruh interaksi antara dua variabel bebas terhadap variabel terikat, dimana dalam penelitian ini menunjukkan hubungan antara temperatur hot-gas dan temperatur pelat landasan terhadap kekuatan tarik sambungan las HDPE sheet. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada garis biru dimana nilai temperatur pelat landasan 30°C menunjukkan semakin tinggi temperatur hot-gas maka semakin tinggi kekuatan tarik sambungan lasannya. Pada garis merah dimana nilai temperatur pelat landasan 70°C menunjukkan semakin tinggi nilai temperatur hot-gas maka semakin tinggi pula nilai kekuatan tarik sambungan lasannya tetapi tidak setinggi nilai kekuatan tarik pada nilai temperatur pelat landasan 30°C (pada variasi hot-gas dengan temperatur 350°C).

Pada garis hijau dimana nilai temperatur pelat landasan 110°C menunjukkan dengan semakin tinggi temperatur hot-gas nilai kekuatan tarik sambungan lasannya menurun. Dan pada garis ungu dimana nilai temperatur pelat landasan 150°C menunjukkan semakin tinggi nilai temperatur hot-gas nilai kekuatan tarik sambungan lasannya semakin menurun, nilai kekuatan tarik pada nilai temperatur hot gas 350°C adalah yang terendah. Pada gambar 6 menunjukkan nilai kekuatan tarik optimum diperoleh pada kombinasi pada temperatur hot-gas 250°C dan nilai temperatur pelat landasan 150°C.



Gambar 7. Grafik Faktorial Temperatur Pelat landasan dan Temperatur *Hot Gun* terhadap Kekuatan Pukul

Berdasarkan gambar 7 pada grafik variasi temperatur *hot gas* berpengaruh signifikan pada hasil kekuatan tarik, semakin tinggi temperatur *hot gas* menyebabkan nilai kekuatan pukul semakin rendah. Dan sebaliknya pada grafik variasi temperatur pelat landasan semakin tinggi temperatur pelat landasan maka nilai kekuatan pukul semakin tinggi.

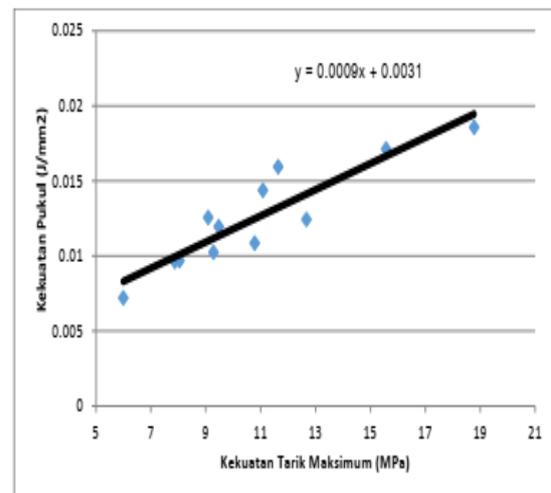


Gambar 8. Grafik Interaksi Temperatur Pelat landasan dan Temperatur *Hot Gun* terhadap Kekuatan Pukul

Gambar 8 merupakan grafik interaksi antara temperatur *hot gas* dan temperatur pelat landasan yang bertujuan mengetahui pengaruh interaksi antara dua variabel bebas terhadap variabel terikat, dimana dalam penelitian ini menunjukkan hubungan antara temperatur *hot-gas* dan temperatur pelat landasan terhadap kekuatan pukul sambungan las HDPE. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada garis biru dimana nilai temperatur pelat landasan 30°C menunjukkan semakin tinggi temperatur *hot-gas* maka semakin tinggi kekuatan pukul sambungan lasannya. Pada garis merah dimana nilai

temperatur pelat landasan 70°C menunjukkan semakin tinggi nilai temperatur *hot-gas* maka semakin tinggi pula nilai kekuatan pukul sambungan lasannya tetapi tidak setinggi nilai kekuatan pukul pada nilai temperatur pelat landasan 30°C (pada variasi *hot-gas* dengan temperatur 350°C).

Pada garis hijau dimana nilai temperatur pelat landasan 110°C menunjukkan dengan semakin tinggi temperatur *hot-gas* nilai kekuatan pukul sambungan lasannya menurun. Dan pada garis ungu dimana nilai temperatur pelat landasan 150°C menunjukkan semakin tinggi nilai temperatur *hot-gas* nilai kekuatan pukul sambungan lasannya semakin menurun, nilai kekuatan pukul pada nilai temperatur hot gas 350°C adalah yang terendah. Pada gambar 8 menunjukkan nilai kekuatan pukul optimum diperoleh pada kombinasi pada temperatur *hot-gas* 250°C dan nilai temperatur pelat landasan 150°C.



Gambar 9. Grafik Trendline Hubungan antara Kekuatan Tarik dan Kekuatan Pukul Lasan HDPE Sheet.

Dari gambar 9 menunjukkan bahwa dengan naiknya nilai kekuatan tarik sambungan las lembaran HDPE nilai kekuatan pukul sambungan las HDPE juga mengalami kenaikan. Hubungan antara kekuatan tarik dan kekuatan pukul sambungan las lembaran HDPE dinyatakan dalam grafik *trendline linier* dengan persamaan $y = 0,0009x + 0,0031$.

4. Kesimpulan

Simpulan yang dapat diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah variasi temperatur pelat landasan selama proses *hot gas welding* (HGW) berpengaruh terhadap karakteristik kekuatan sambungan las HDPE sheet. Karakteristik kekuatan sambungan las yang meliputi kekekuatan tarik dan kekuatan pukul menunjukkan dengan

semakin tinggi temperatur pelat landasan maka nilai kekuatan tarik dan kekuatan pukul sambungan las akan semakin tinggi. Variasi temperatur aliran udara panas *hot gun* selama proses *hot gas welding* (HGW) berpengaruh terhadap karakteristik kekuatan sambungan las HDPE *sheet*. Karakteristik kekuatan sambungan las yang meliputi kekekuatan tarik dan kekuatan pukul menunjukkan dengan semakin tinggi temperatur aliran udara panas *hot gun* maka nilai kekuatan tarik dan kekuatan pukul sambungan las akan semakin rendah. Karakteristik kekuatan sambungan las HDPE sheet terbaik (optimum) yang meliputi kekuatan tarik dan kekuatan pukul masing-masing nilainya adalah 18,78 MPa dan 0,018567 J/mm² (85,65% dan 89,74% dari kekuatan material HDPE tanpa sambungan), nilai tersebut diperoleh dari kombinasi temperatur pelat landasan 150°C dan aliran udara panas *hot gan* 250°C.

Referensi

- [1] S. Haque, M. Kumar, and A. Khan, "Hot gas welding of plastic: Fundamentals & importance," *Invertis J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 216–219, 2015.
- [2] H. Ahamad, M. Alam, M. S. Haque, S. N. Pandey, and M. Amanuddin, "Welding of Plastics through Hot Gas Technique: A Review," *Glob. Res. Dev. J. Eng.*, vol. 1, no. 6, 2016.
- [3] M. S. Haque and M. A. Siddiqui, "Plastic welding: important facts and developments," *Am. J. Mech. Ind. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 15–19, 2016.
- [4] D. M. Sari, "Pengaruh Suhu Preheating Pada Hasil Pengelasan Gtaw Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Stainless Steel 304." Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [5] A. Setiawan, Y. S. Irawan, and A. Purnowidodo, "Pengaruh Temperatur Pelat Landasan Selama Proses Friction Stir Welding Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Lembaran HDPE," *J. Rekayasa Mesin Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 3, p. 130180, 2011.
- [6] L. Zhang, A. Bouazza, R. K. Rowe, and J. Scheirs, "Effect of welding parameters on properties of HDPE geomembrane seams," *Geosynth. Int.*, vol. 24, no. 4, pp. 408–418, 2017.
- [7] J. Gao, C. Li, U. Shilpakar, and Y. Shen, "Improvements of mechanical properties in dissimilar joints of HDPE and ABS via carbon nanotubes during friction stir welding process," *Mater. Des.*, vol. 86, pp. 289–296, 2015.
- [8] P. K. Rana, R. G. Narayanan, and S. V Kailas, "Friction stir spot welding of AA5052-H32/HDPE/AA5052-H32 sandwich sheets at varying plunge speeds," *Thin-Walled Struct.*, vol. 138, pp. 415–429, 2019.
- [9] ASTM, "Standart Practice of Preparation of Metallographic Specimen," *ASTM International E3-95*, 82 (C), 1-15, 2016. <http://doi.org/10.1520/D0638-14.1>
- [10] ASTM International, "Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistanc of Notched Specimens of Plastic," *ASTM D6110*, 2010.