

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA : Pengaruh Jarak Antar Elektroda Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanis pada Sambungan Las MIG 2-layer Tandem Bahan AA5052

Judul Naskah Publikasi : KPengaruh Jarak Antar Elektroda Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanis pada Sambungan Las MIG 2-layer Tandem Bahan AA5052

Nama Mahasiswa: Alfian Dwi Saputra

NIM : 20150130148

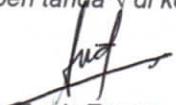
Pembimbing 1: Ir. H. Mudjijana, M.Eng.

Pembimbing 2: Rela Adi Himarosa, S.T., M.Eng.

Hal yang dimintakan persetujuan *:

- | | | | |
|---|--|--------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

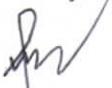
*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai


Tanda Tangan
Alfian Dwi Saputra

26 Oktober 2019
Tanggal

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui


Tanda Tangan
Ir. H. Mudjijana, M.Eng.

25 Oktober 2019
Tanggal


Tanda Tangan
Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Tanggal 26 Oktober 2019

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

PENGARUH JARAK ANTAR ELEKTRODA TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA SAMBUNGAN LAS MIG 2-LAYER TANDEM BAHAN AA5052

Alfian Dwi Saputra^a, Mudjijana^b, Rela Adi Himarosa^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^aasaputraa77@gmail.com, ^bmudjijana@ugm.ac.id, ^crela.himarosa@gmail.com

Abstrak

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang banyak dipakai dalam industri manufaktur, misalnya untuk otomotif, pesawat terbang dan industri perkapalan. Salah satu metode pengelasan yang banyak dipakai pada industri yaitu metode GMAW. Seiring dengan perkembangan zaman, maka beberapa metode telah diciptakan untuk meningkatkan kualitas sambungan las GMAW, salah satunya yaitu dengan metode las MIG 2-layer tandem. Penelitian ini menggunakan metode las MIG 2-layer tandem dengan bahan las yaitu paduan aluminium seri 5052. Variasi jarak antar elektroda digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan sifat fisis dan mekanis logam las, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi kualitas lasan.

Penelitian ini menggunakan material AA5052 dengan ukuran 400 mm x 150 mm x 5 mm yang dilas menggunakan metode MIG 2-layer tandem dengan variasi jarak antar elektroda 18 mm, 27 mm dan 36 mm. Arus las yang digunakan yaitu 130 A, tegangan 23 V, dan aliran argon 17 liter/menit. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran distorsi, struktur mikro, kekerasan, tarik dan dampak.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa spesimen dengan variasi jarak elektroda 36 mm memiliki distorsi paling besar. Kekerasan tertinggi ditunjukkan pada spesimen dengan variasi jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekerasan pada BM = 56,53 VHN_{0,1}, HAZ = 52,75 VHN_{0,1} dan WM = 48,46 VHN_{0,1}. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm yaitu sebesar 160 MPa dan nilai dampak tertinggi terdapat pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm sebesar 0,46 J/mm².

Kata Kunci : MIG 2-layer tandem, AA5052, elektroda, distorsi, struktur mikro, kekerasan, tarik, dampak.

Abstrack

Welding is the one of connecting metal methods which is widely used in the manufacturing industry. Welding is usually used for the automotive, aircraft and shipping industry. One welding method that is widely used in industry is the GMAW method. Recently, several methods have been created to improve the quality of GMAW welding joints, one of them is the 2-layer tandem MIG welding method. This research uses a 2-layer tandem MIG welding method with welding material, that is aluminum alloy 5052. Variations in the distance between the electrodes was used in this study to determine the physical and mechanical properties of the weld metal, because these factors can affect weld quality.

This study used AA5052 material with a size of 400 mm x 150 mm x 5 mm which was welded using the 2-layer tandem MIG method with variations in the distance between the electrodes 18 mm, 27 mm and 36 mm. The welding current used was 130 A, the voltage was 23 V, and the argon flow was 17 liters / minute. Tests carried out include measurements of distortion, microstructure, hardness, tensile and impact.

Based on the test result it is known that the specimens with 36 mm electrode distance have the greatest distortion. The highest hardness was found in specimens with 27 mm electrode distance variation with hardness values at BM = 56.53 VHN_{0.1}, HAZ = 52.75 VHN_{0.1} and WM = 48.46 VHN_{0.1}. The highest tensile strength value was found in specimens with 18 mm electrode distance that is 160 MPa and the highest impact value was found in specimens with 27 mm electrode distance of 0.46 J / mm².

Keywords: 2-layer tandem MIG, AA5052, electrodes, distortion, microstructure, hardness, tensile, impact

1. Pendahuluan

Dalam dunia industri manufaktur saat ini pembuatan produk atau komponen membutuhkan penyambungan material baik dibidang otomotif, penerbangan, perkapalan dan lain-lain. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam yang banyak dipakai dalam industri manufaktur. Pengelasan adalah salah satu cara menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan (Widharto, 1996). Logam yang dapat disambung dengan proses pengelasan bermacam-macam, antara lain: baja, *stainless steel*, aluminium dan lain-lain. Aluminium seri 5052 adalah salah satu jenis logam yang dipakai dalam industri perkapalan. Aluminium seri ini memiliki sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut (Wirjosumarto dan Okumura, 2000). Ada beberapa jenis pengelasan yang digunakan untuk proses penyambungan logam aluminium, salah satunya dengan pengelasan GMAW. Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan dengan menggunakan elektroda berdiameter kecil (0,8 mm hingga 1,5 mm) secara mekanik diumpun dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*) untuk melindungi busur listrik dan kawah las dari udara (Winarto, 2011). Gas yang digunakan untuk pelindung yaitu gas argon atau helium.

Dalam pengelasan aluminium, sering terdapat cacat lubang-lubang halus yang disebabkan oleh gas hidrogen yang larut ke dalam aluminium cair (Wirjosumarto dan Okumura, 2000). Berbagai metode pengelasan GMAW telah dikembangkan untuk meningkatkan hasil pengelasan, antara lain penggantian komposisi gas pelindung maupun elektroda, pengontrolan aliran arus las, penggunaan las hybrid TIG-MIG, dan penggunaan las MIG 2-layer tandem. Di antara beberapa metode di atas, las MIG 2-layer tandem adalah metode yang paling baik untuk meningkatkan produktivitas pengelasan (Goetze, 2001). Penelitian ini menggunakan material AA5052 yang dilas menggunakan metode las MIG 2-layer tandem. Pada saat pengelasan digunakan 3 variasi jarak elektroda yaitu dengan jarak 18 mm, 27 mm dan 36 mm. Dengan menggunakan variasi tersebut maka diketahui perubahan sifat fisis dan mekanis dari paduan aluminium AA5052. Analisa dilakukan dengan pengujian distorsi, struktur mikro, kekerasan, tarik dan impak. Diharapkan setelah melakukan penelitian ini kelemahan yang terdapat pada las MIG dapat diminimalisir untuk meningkatkan kualitas las.

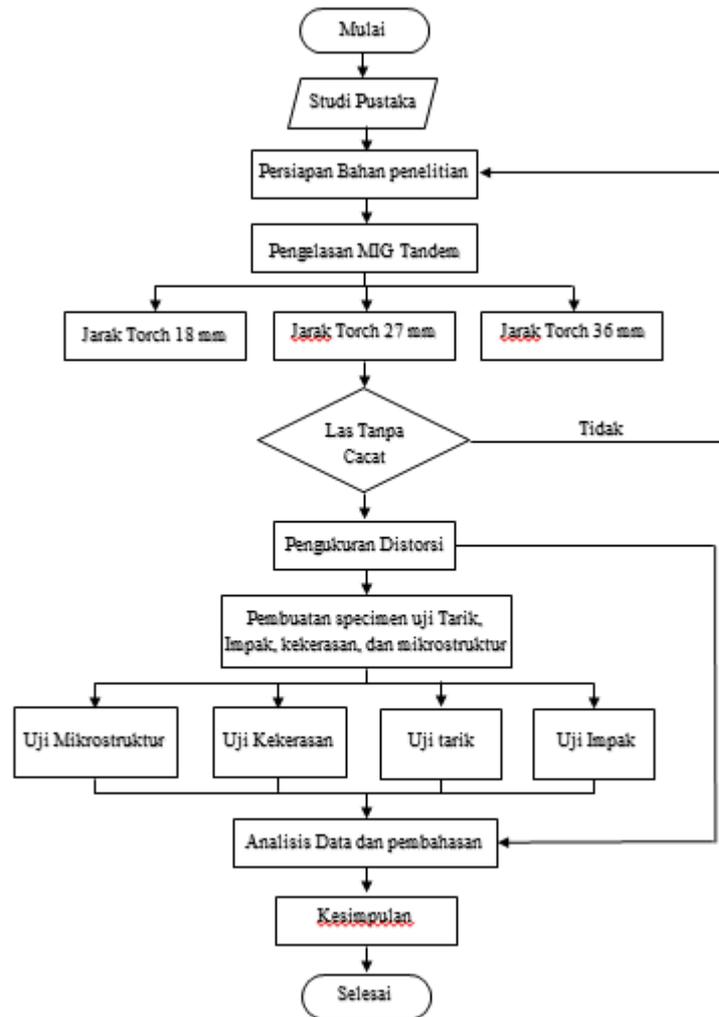
I N Budiarsa (2008) meneliti tentang pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminium 5083. Pengujian yang dilakukan adalah uji impak (tipe takikan dengan standart uji dari A.S.T.M. standart pt.31 *Designation* E23-82). Benda uji yang dipakai menggunakan standart dari DIN 50115 dan standart ISO V nocth. Spesimen uji mengalami perlakuan variasi kecepatan volume alir gas dan variasi besar arus pengelasan. Dengan metode eksperimen faktorial ditunjukkan besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas serta interaksi kedua parameter tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap sifat ketangguhan material. Hasil yang diperoleh dengan penggunaan besar arus pengelasan sebesar 250 A pada variasi kecepatan volume alir gas 17 liter/menit, 18 liter/menit, 19 liter/menit), menghasilkan ketangguhan rendah pada material. Ketangguhan terendah sebesar 26,967 Nm/cm³ terjadi pada arus 250 A dan kecepatan volume alir gas 19 liter/menit.

Rizky Perdana Putra dkk (2016) meneliti tentang pengaruh arus listrik dan temperatur terhadap kekuatan tarik dan impak aluminium 5083 menggunakan las GMAW. Pengelasan dilakukan menggunakan jenis sambungan double v-butt joint dengan sudut 60°. Variabel arus pada pengujian tarik dan impak menggunakan arus 130 Ampere, 150 A, 170 A dan 200 A, sedangkan pada pengujian impak ditambahkan variasi temperatur 20°C, 0°C, -20°C. Dari hasil pengujian tarik didapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 193,28 N/mm² dan regangan tertinggi sebesar 0,86 %, yaitu pada arus 130 A dan hasil pengujian impak didapatkan kekuatan tertinggi sebesar 0,17 J/mm² pada arus 130 A dengan suhu 20°C dengan kuat arus 130 A sebesar 0,17 J/mm².

Mudjijana dkk (2018) melakukan penelitian mengenai sifat mekanis dan fisis dengan pengelasan *semi-automatic MIG welding*. Pengelasan ini menggunakan bahan AA5083H116 berukuran 300 mm x 75 mm x 3 mm dengan tegangan 19V, arus 120A, kecepatan las 8, 10, 12 mm/s, *filler rate* 27 mm/s dan pengatur kecepatan las menggunakan mesin CNC. Pada penelitian dilakukan beberapa pengujian, diantaranya adalah distorsi 3 dimensi, siklus

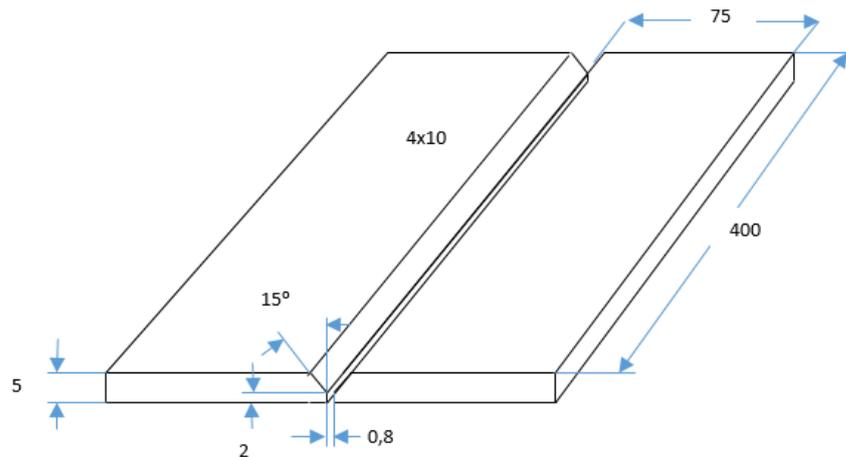
termal, kekerasan mikro *Vickers*, kekuatan tarik, kekuatan bending, *Scanning electron microscope* (SEM) dan *Energy dispersive spectrometer* (EDS). Hasil pengujian ini menunjukkan suhu dan distorsi pada kecepatan las 8 mm/s lebih besar dibandingkan dengan kecepatan 10,12 mm/s, untuk pengujian kekerasan mikro *Vickers* dan kekuatan tarik kecepatan las 8 mm/s mempunyai nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kecepatan 10,12 mm/s.

2. Metode Penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi jarak antar elektroda 18 mm, 27 mm dan 36 mm dengan material AA5052 berukuran 400 x 75 x 5 mm, kuat arus 130 A, tegangan 23 V, kecepatan las 7 mm/s, sudut *torch* 90°, jarak *torch* dari permukaan las 10 mm, *filler rod* menggunakan ER 5356 diameter 0,8 mm. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las MIG Tenjima 200S dengan cara pengelasan MIG 2-layer tandem. Ukuran spesimen dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



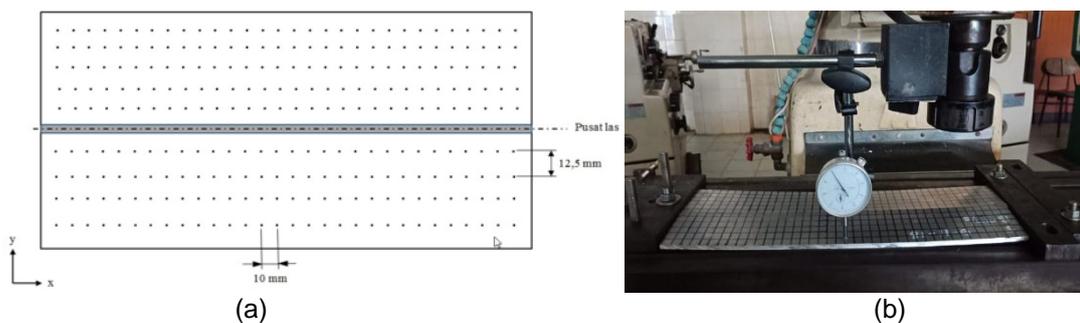
Gambar 2. Ukuran spesimen uji

Proses pengelasan dilakukan dengan mengatur kecepatan las menggunakan software CNC pada komputer terlebih dahulu. Pengelasan MIG 2-layer tandem adalah proses pengelasan yang dilakukan menggunakan 2 torch yang dijalankan secara bersamaan. Proses penyalaan las dan untuk menjalankan mesin las dilakukan secara manual oleh teknisi *welder*. Setelah proses pengelasan dilakukan pengujian diantaranya adalah pengukuran distorsi, pengamatan struktur makro dan mikro, pengujian kekerasan mikro Vickers, tarik dan impact.

2.1. Pengukuran Distorsi

Pengukuran distorsi dilakukan untuk mengetahui deformasi pada spesimen yang disebabkan akibat pemasukan panas (*heat input*) dari pengelasan las MIG 2-layer tandem. Pengukuran dimulai dengan pemberian titik pada spesimen dengan jarak panjang 10 mm dan lebar 12,5 mm seperti pada gambar 3(a).

pengukuran dilakukan menggunakan alat *dial indicator* dengan ketelitian 0,01 mm dan alat bantu mesin *milling* sebagai tumpuan alat *dial indicator* dan untuk menggeser plat dari titik ke titik lainnya. , seperti yang ditunjukkan pada gambar 3(b).



Gambar 3. (a) pemberian titik pada spesimen, (b) Pengukuran distorsi

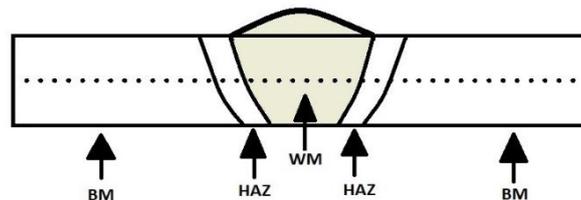
2.2. Pengamatan Struktur Mikro dan Makro

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa perubahan bentuk struktur mikro, perubahan fasa, dan sifat material sambungan bahan uji yang di pengaruhi oleh pemasukan panas pengelasan las MIG 2-layer tandem. pengamatan dilakukan di 3 bagian, yaitu *Weld metal* (WM), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base metal* (BM) dengan perbesaran 100 X. Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan menggunakan mikroskop optik dengan merek *Olympus BX53M*. Pengamatan struktur makro juga dilakukan untuk mengetahui cacat-cacat yang terjadi pada sambungan las. spesimen uji diperlukan

pengamplasan agar mudah di amati dan diperlukan pengkorosian pada permukaan spesimen uji menggunakan cairan etsa Methanol, HCL, HNO₃, HF.

2.3. Pengujian Kekerasan Vikers

Pengujian kekerasan adalah pengujian untuk mengetahui nilai dari kekerasan suatu material. Pengujian ini dilakukan pada tiga daerah yaitu logam induk, HAZ dan *weld metal*. Uji kekerasan dilakukan pada bahan uji sebanyak 40 titik dari jarak 2 mm dari permukaan base metal, beban indentasi 100 gram dengan waktu tunggu 10 detik, Jarak antar titik penetrasi indenter 1000 mikron atau 0,5 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema pijakan indenter Vikers

Pengujian tarik dilakukan dengan jumlah masing-masing 2 buah bahan uji setiap variabel. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh dan nilai kekuatan tarik maksimal pada spesimen AA5052 dari pengelasan las MIG 2-layer tandem. Bahan uji untuk pengujian tarik perlu dipotong sesuai dengan standar ASTM-08. Mesin pengujian tarik menggunakan mesin *control lab* dengan beban maksimal 4 ton di Laboratorium D3 Vokasi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

2.4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan jumlah masing-masing 2 buah bahan uji setiap variabel. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh dan nilai kekuatan tarik maksimal pada spesimen AA5052 dari pengelasan las MIG 2-layer tandem. Bahan uji untuk pengujian tarik perlu dipotong sesuai dengan standar ASTM-08. Mesin pengujian tarik menggunakan mesin *control lab* dengan beban maksimal 4 ton di Laboratorium D3 Vokasi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

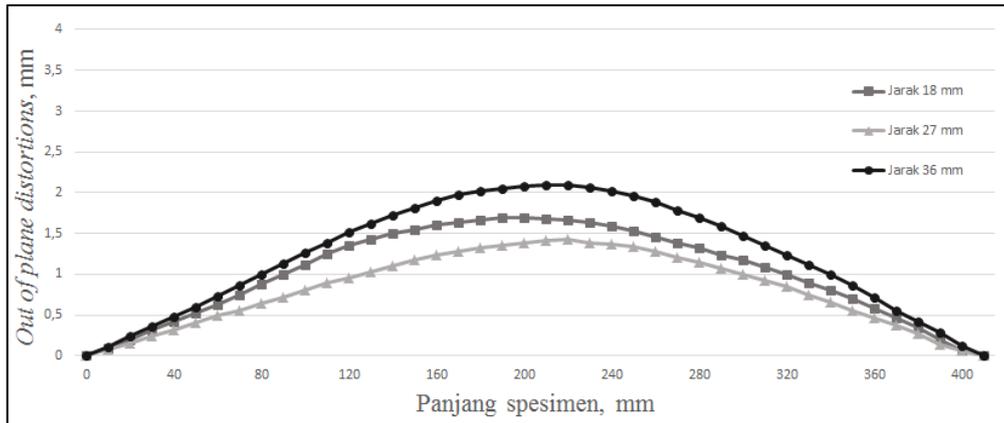
2.5. Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan dan nilai keuletan pada spesimen pada spesimen AA5052 dari pengelasan las MIG 2-layer tandem. Pengujian impak ini menggunakan jenis pengujian impak Charpy. Bahan uji untuk pengujian impak perlu adanya pemotongan spesimen sesuai dengan dengan standar ASTM E23. Mesin pengujian impak menggunakan mesin *control lab* di Laboratorium D3 Vokasi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Distorsi Pengelasan

Pengukuran distorsi pada spesimen las MIG 2-layer tandem bahan AA5052 pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bertujuan untuk membandingkan distorsi pengelasan dari setiap spesimen yang telah dilas. Gambar 5 adalah hasil dari pengukuran distorsi longitudinal (arah z) las MIG 2-layer tandem bahan AA5052 pada jarak elektroda 18,27, 36 mm.

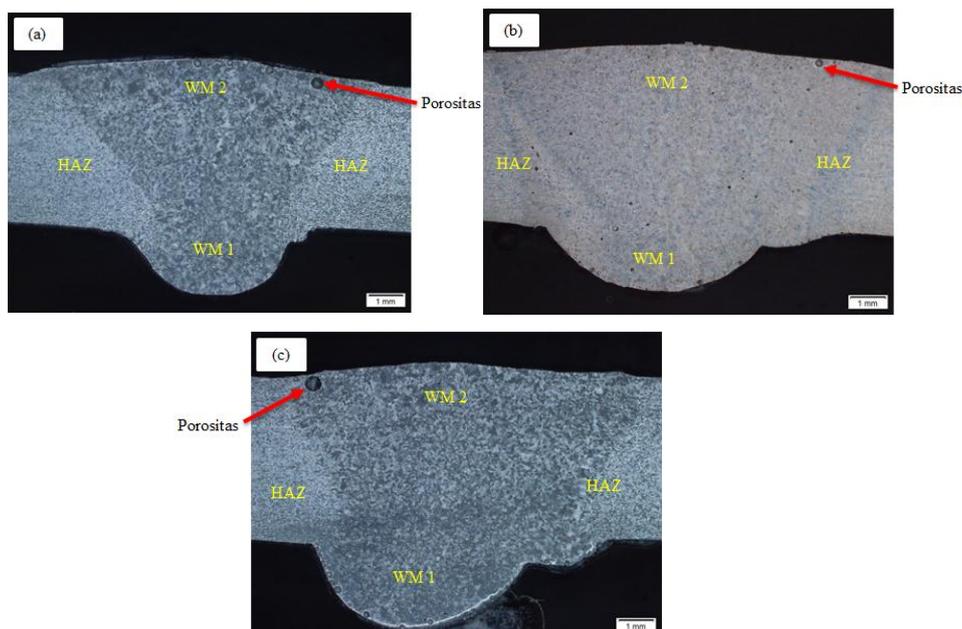


Gambar 5. Grafik perbandingan distorsi las MIG 2-layer tandem

Pada pengelasan MIG 2-layer tandem dengan jarak 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ini temperatur paling panas terjadi pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm, karena pengelasan MIG 2-layer tandem ini menggunakan 2 *torch* maka semakin dekat jarak elektroda maka panas akan lebih terkonsentrasi. Distorsi pada pengelasan disebabkan karena masukan panas dan penahan spesimen pada saat proses pengelasan berlangsung (Wiryosumarto, 2000). Semakin besar masukan panas maka semakin besar pula distorsi yang ditimbulkan. Dari pengujian distorsi menunjukkan distorsi terbesar terjadi pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm, distorsi terkecil terjadi pada spesimen 27 mm. Seharusnya distorsi terbesar akan dialami oleh spesimen dengan jarak elektroda 18 mm. Dari pengujian mikro porositas didapatkan hasil spesimen dengan jarak elektroda 36 mm terdapat cacat porositas dengan jumlah paling banyak yaitu 6,75 porositas/mm², hal itu menyebabkan distorsi yang ditimbulkan lebih besar dibandingkan spesimen dengan jarak elektroda 18 dan 27 mm yang jumlah cacat porositasnya lebih sedikit.

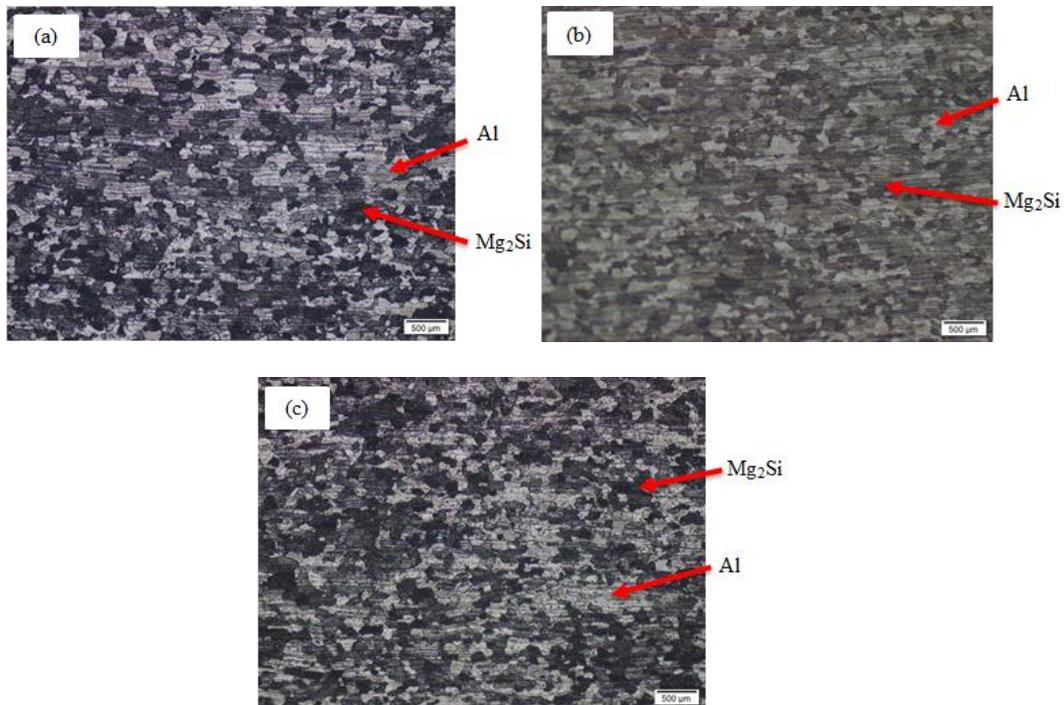
3.2. Pengamatan Struktur Makro dan Mikro

Pengamatan struktur makro spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 12x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

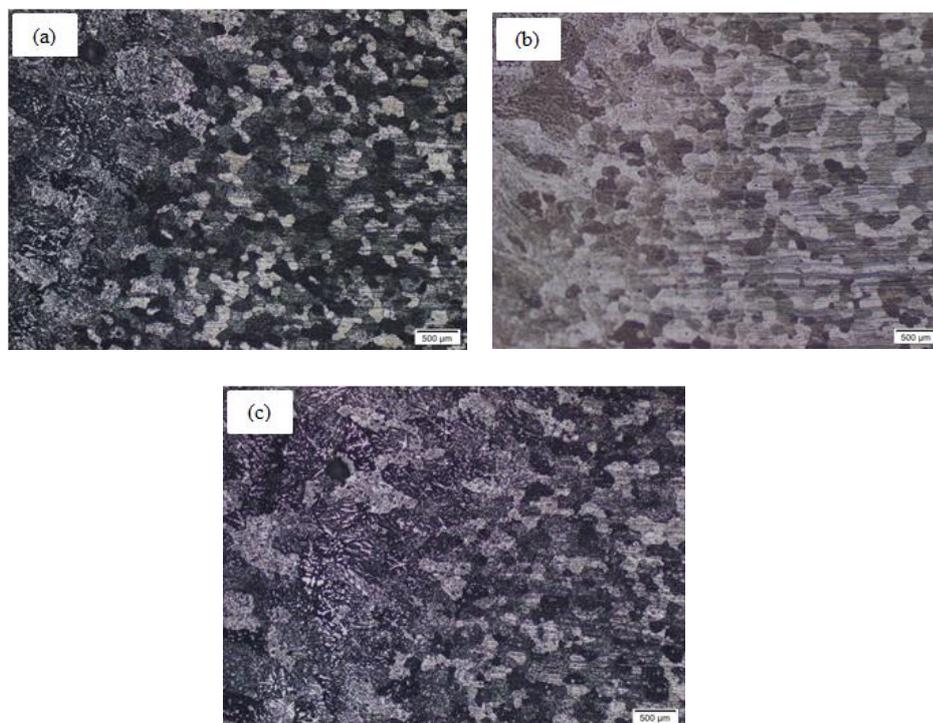


Gambar 6. Struktur makro las MIG 2-layer tandem jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.

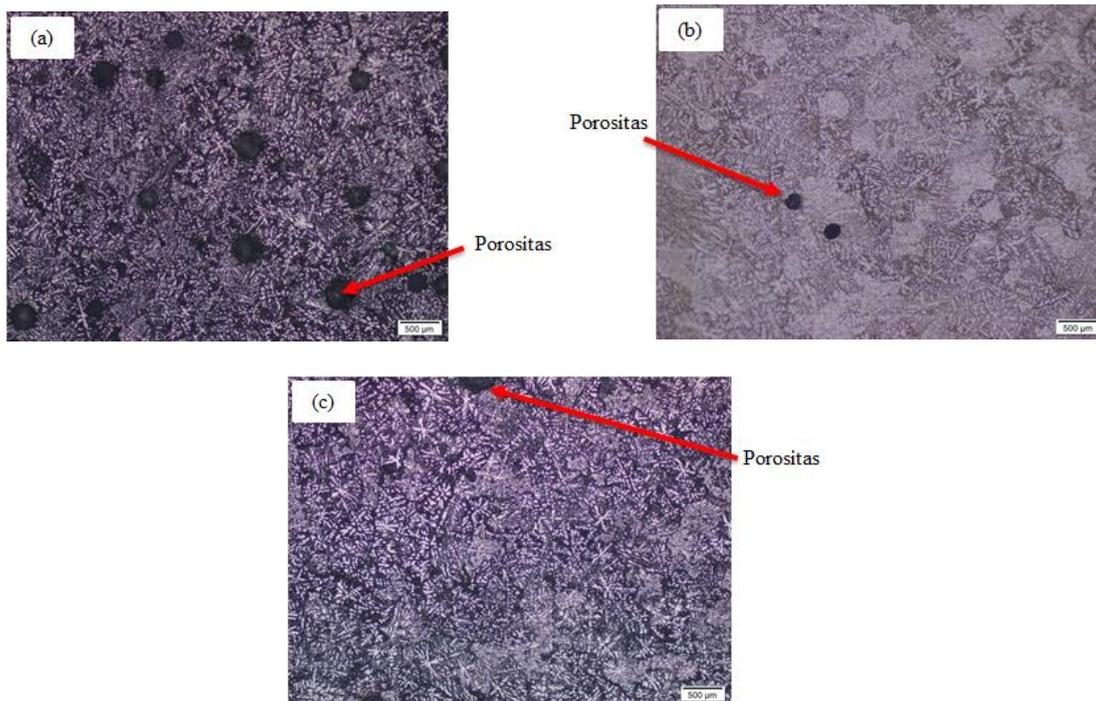
Pengamatan struktur mikro spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7-9. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada 3 daerah yaitu *weld metal* (WM), *heat affected zone* (HAZ) dan *base metal* (BM).



Gambar 7. Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *base metal* (BM) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.



Gambar 8. Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *heat affected zone* (HAZ) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.



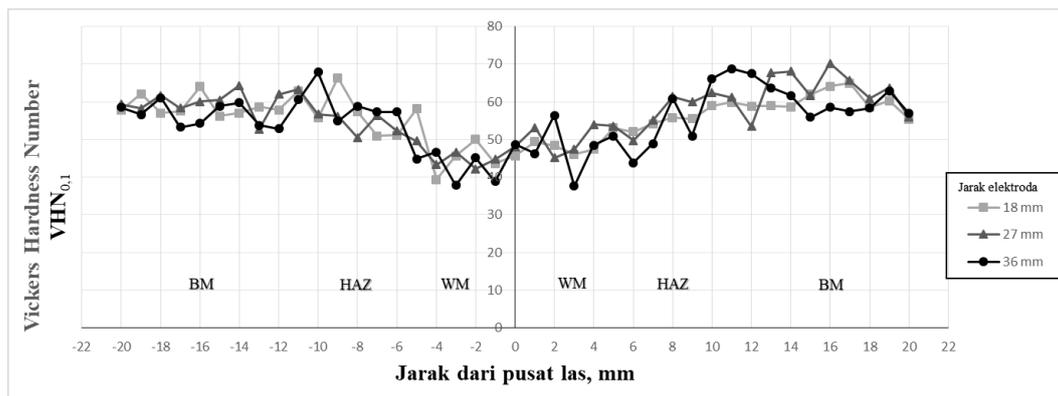
Gambar 9. Struktur mikro las MIG 2-layer tandem pada *weld metal* (WM) jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm dan (c) 36 mm.

Hasil pengamatan struktur makro las MIG 2-layer tandem pada jarak 18, 27 dan 36 mm menunjukkan bahwa batas las antara WM1 dan WM2 tidak terlalu terlihat dikarenakan pengelasan layer 1 dan layer 2 dilakukan secara bersamaan. Cacat porositas juga terdapat pada jarak elektroda 18, 27 dan 36 mm. Cacat porositas merupakan cacat las yang disebabkan karena gas yang terjebak selama proses pendinginan (Suryaningsih dan Rasyid, 2017). Kondisi las paling baik ditunjukkan pada jarak elektroda 27 mm dikarenakan cacat porositas yang terjadi paling sedikit.

Struktur mikro pada daerah base metal (BM) menunjukkan ukuran butir yang mirip pada ketiga variabel jarak pengelasan, dikarenakan pada daerah *base metal* (BM) tidak terlalu terpengaruh oleh panas secara langsung. Paduan aluminium 5052 terdiri dari (Fe,Cr)3SiAl12 ditandai dengan warna putih dan Mg2Si ditandai dengan warna kehitaman (Hatch, 1984). Pada daerah *heat affected zone* (HAZ) menunjukkan ukuran butir yang lebih besar dari *base metal* (BM) dikarenakan oleh pengaruh panas. Ukuran butir yang lebih besar menandakan kekuatan pada daerah HAZ juga menurun. Di bagian *weld metal* (WM) menunjukkan adanya struktur dendrit yang ditunjukkan dengan butiran halus dan porositas pada ketiga variabel jarak pengelasan. Struktur dendrit terjadi karena rekristalisasi logam las pada suhu tinggi dan butir-butir kehilangan orientasi kristal. Ukuran butir pada daerah WM terlihat lebih besar daripada daerah BM dan HAZ, hal ini menunjukkan bahwa kekuatan pada daerah WM lebih rendah dari daerah BM dan HAZ.

3.3. Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 menggunakan *micro hardness Vickers*. Grafik hasil uji kekerasan las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ditunjukkan pada Gambar 10 dan nilai rata-rata kekerasan mikro Vickers ($VHN_{0.1}$) ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 10. Nilai kekerasan mikro Vikers las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052.

Tabel 4.1 Nilai VHN_{0.1} rata-rata las MIG 2-layer tandem

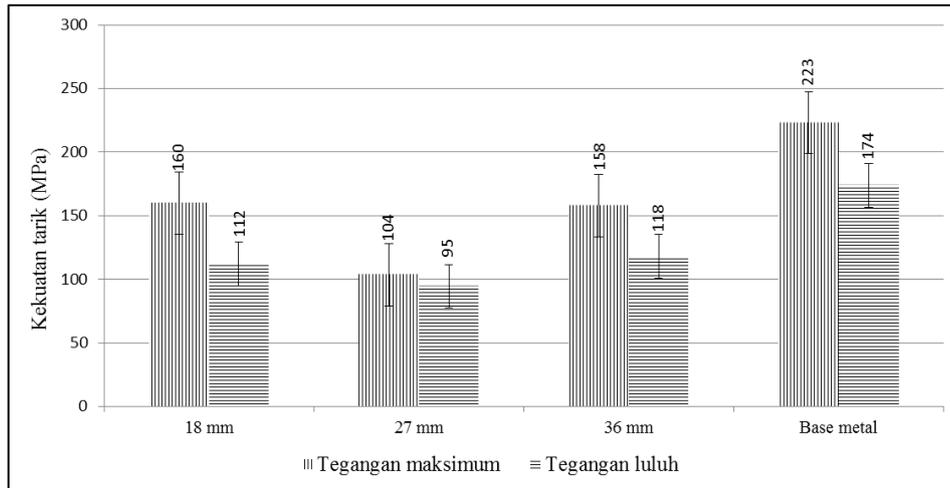
Kecepatan las	RATA RATA NILAI KEKERASAN TANDEM			
	Jarak elektroda	Kekerasan mikro Vikers, VHN _{0.1}		
		BM	WM	HAZ
7 mm/s	18 mm	55,56	48,48	52,51
	27 mm	56,53	48,46	52,75
	36 mm	54,89	46,39	52,09
	Rata-rata	55,66	47,78	52,45

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai VHN_{0.1} rata-rata tertinggi pada BM, pada HAZ nilai kekerasan mulai menurun dan terendah pada WM. Daerah BM memiliki nilai kekerasan paling tinggi dengan nilai kekerasan rata-rata yaitu 55,66 VHN_{0.1} disebabkan pada daerah itu tidak terlalu terpengaruh oleh panas secara langsung dan pada uji mikro menunjukkan ukuran butir yang kecil-kecil. Daerah HAZ nilai kekerasan mulai menurun yaitu dengan nilai kekerasan rata-rata 52,45 VHN_{0.1}, pada uji mikro juga menunjukkan ukuran butir pada HAZ membesar. Daerah WM merupakan daerah dengan nilai kekerasan paling rendah yaitu dengan nilai kekerasan rata-rata 47,78 VHN_{0.1}. Hasil paling baik ditunjukkan pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekerasan pada BM = 56,53 VHN_{0.1}, HAZ = 52,75 VHN_{0.1} dan WM = 48,46 VHN_{0.1}.

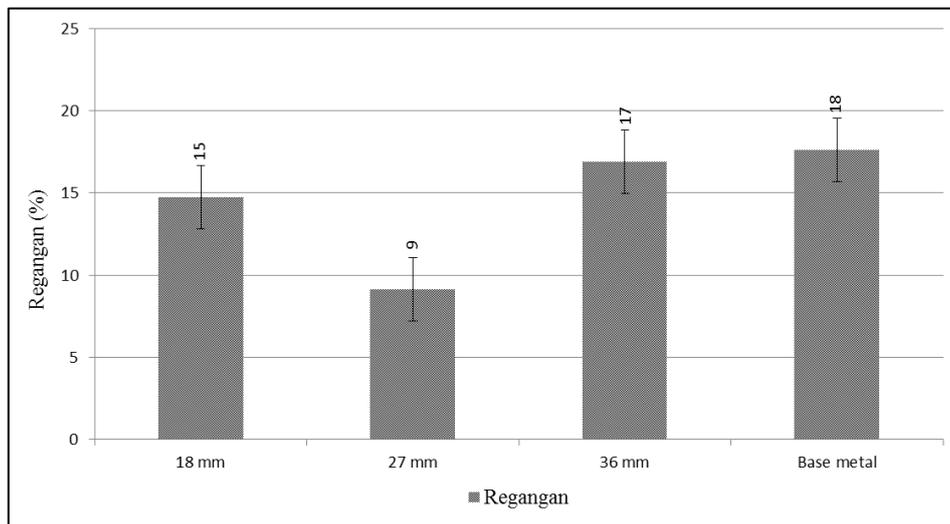
3.4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik pada spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh (*yield strength*) dan nilai kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*). Pengujian ini menggunakan ASTM E8-09 sebagai referensi. Hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 11-12 dan foto patahan spesimen hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 13-15.

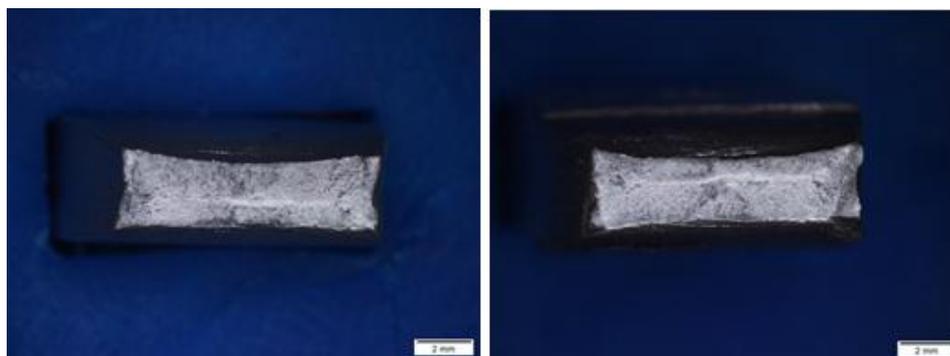
Berdasarkan hasil pengujian tarik didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 160 Mpa dan nilai kekuatan luluh sebesar 112 MPa. Nilai kekuatan tarik terendah yaitu pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 104 MPa dan nilai kekuatan luluh sebesar 95 MPa. Pada foto makro patahan uji tarik spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18 dan 36 mm terlihat adanya *necking* yang menandakan bahan bersifat ulet. Pada foto makro patahan spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 27 mm terlihat adanya cacat porositas *elongated cavity* yang menyebabkan patahan menjadi getas dan kekuatan tarik spesimen rendah.



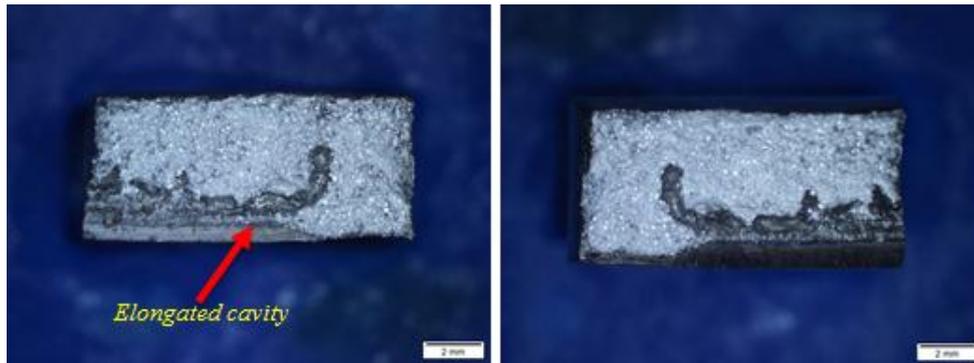
Gambar 11. Grafik tegangan maksimum dan tegangan luluh las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm



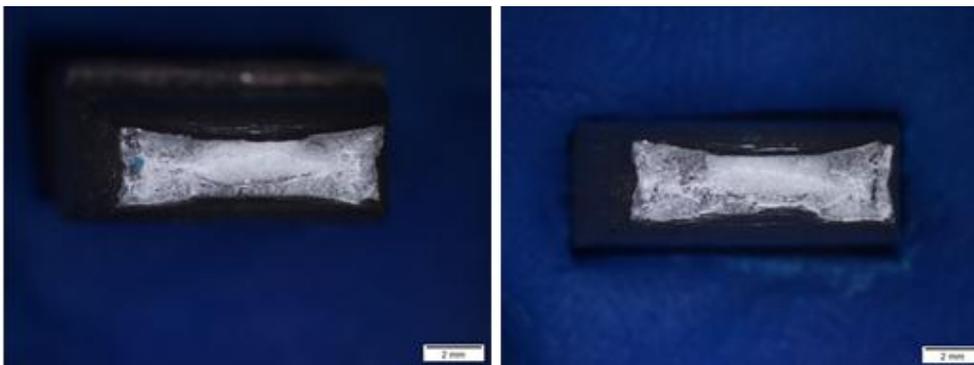
Gambar 12. Grafik regangan las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm



Gambar 13. Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18 mm bahan AA5052



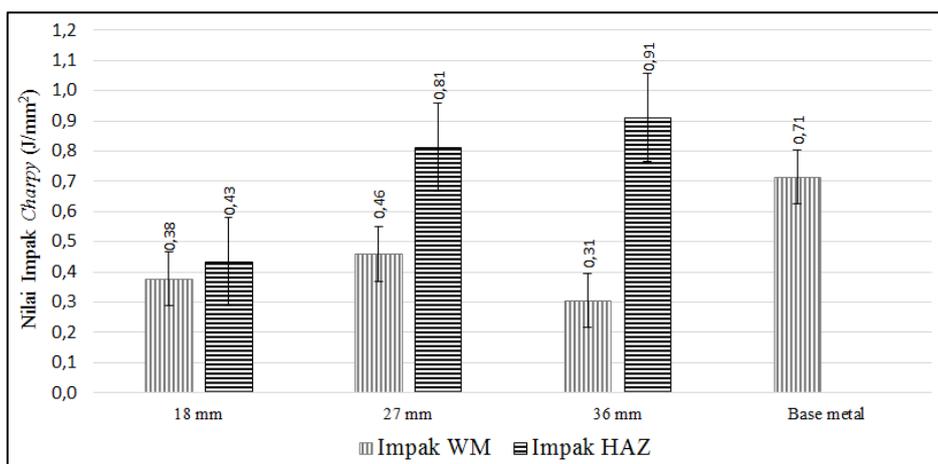
Gambar 14. Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 27 mm bahan AA5052



Gambar 15. Foto makro patahan hasil uji tarik las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 36 mm bahan AA5052

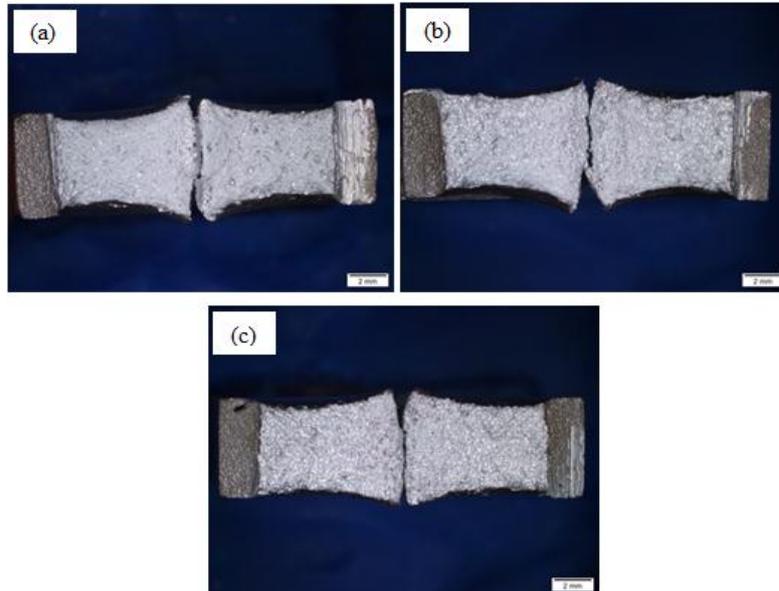
3.5. Pengujian Impak

Pengujian impak Charpy pada spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 dilakukan untuk mengetahui nilai ketangguhan material dengan jumlah energi yang diserap. Hasil pengujian impak pada bagian WM dan HAZ spesimen las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 ditunjukkan pada Gambar 16 dan foto makro patahan spesimen ditunjukkan pada Gambar 17-18.

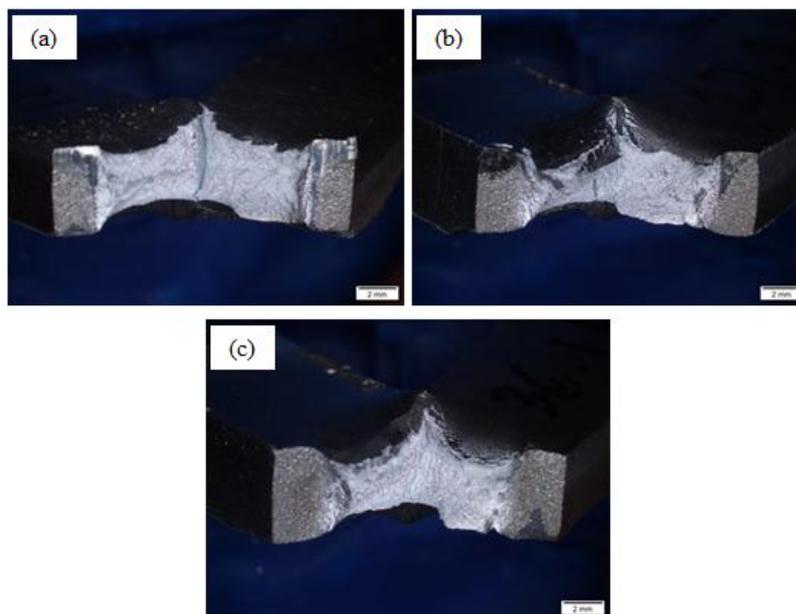


Gambar 16. Nilai impak Charpy pada bagian WM dan HAZ las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052.

Nilai impak WM tertinggi pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm sebesar $0,46 \text{ J/mm}^2$ sedangkan nilai impak WM terendah terdapat pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm sebesar $0,31 \text{ J/mm}^2$. Pada bagian HAZ nilai impak tertinggi didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm sebesar $0,91 \text{ J/mm}^2$ sedangkan nilai impak HAZ terendah didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm sebesar $0,38 \text{ J/mm}^2$.



Gambar 17. Foto makro patahan hasil uji impak pada bagian WM las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm, (c) 36 mm bahan AA5052.



Gambar 17. Foto makro patahan hasil uji impak pada bagian HAZ las MIG 2-layer tandem pada jarak elektroda (a) 18 mm, (b) 27 mm, (c) 36 mm bahan AA5052.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian las MIG 2-layer tandem dengan jarak elektroda 18, 27, 36 mm bahan AA5052 menggunakan kecepatan 7 mm/s maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Porositas akan mempengaruhi nilai distorsi karena semakin banyak terjadi porositas maka distorsi akan semakin besar. Spesimen dengan jarak elektroda 36 mm terdapat cacat porositas dengan jumlah paling banyak yaitu 6,75 porositas/mm². Distorsi terbesar dialami oleh spesimen dengan jarak elektroda 36 mm dan distorsi terkecil dialami oleh spesimen dengan jarak elektroda 27 mm.
2. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa ukuran butir pada daerah WM lebih besar daripada ukuran butir pada daerah BM dan HAZ dikarenakan panas lebih terkonsentrasi pada daerah WM dan menyebabkan ukuran butir berubah menjadi lebih besar. Hal itu menunjukkan bahwa kekerasan pada daerah WM lebih rendah daripada daerah BM dan HAZ.
3. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi didapat pada daerah BM dan nilai kekerasan terendah didapat pada daerah WM, hasil ini berbanding lurus dengan hasil uji pengamatan struktur mikro. Hasil paling baik ditunjukkan pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm dengan nilai kekerasan pada BM = 56,53 VHN_{0,1}, HAZ = 52,75 VHN_{0,1} dan WM = 48,46 VHN_{0,1}.
4. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 18 mm dengan nilai kekuatan tarik sebesar 160 MPa dan nilai kekuatan luluh sebesar 112 MPa. Hal itu ditunjukkan dengan hasil foto makro patahan spesimen dengan jarak elektroda 18 mm terdapat adanya *necking* yang menandakan material bersifat ulet.
5. Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa nilai kekuatan impak pada HAZ lebih baik daripada WM. Hal itu ditunjukkan dengan foto makro patahan spesimen pada HAZ patahan tidak sampai putus yang menandakan material bersifat ulet. Nilai kekuatan impak WM tertinggi didapat pada spesimen dengan jarak elektroda 27 mm yaitu sebesar 0,46 J/mm² dan terendah pada spesimen dengan jarak elektroda 36 mm sebesar 0,31 J/mm².

Daftar Pustaka

Journal:

- [1] Budiarsa, I N. (2008). Pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminium 5083. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, Vol. 2 No. 2, Hal 112-1116.
- [2] Goecke, S., & Kaufmann, H. (2001). Researchgate Tandem MIG/MAG Welding. *Svetsaren journal*, No 2-3. Hal 24-28.
- [3] Hamdani, Ibrahim, A., & Sariyusda. (2015). Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045. *Jurnal Ilmiah "MEKANIK" Teknik Mesin ITM*, Hal. 60- 64.
- [4] Irawan, S. Y. (2012). Effect of Surface Roughness and Chamfer Angle on Tensile Strength of Round Aluminum A6061 Produced by Continuous Drive Friction Welding. *Journal of Engineering and Applied Sciences 11*, Hal 1178 - 1185.
- [5] Mandal, N.R. (2005). *Aluminium Welding, 2nd edition*. India: Narosa Publishing House Pvt Ltd.
- [6] Mudjijana. (2018). Physical and Mechanical Properties of Semi-Automatic MIG Welding of AA5083H116 Materials. *JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, Vol. 2. No. 1. Hal 8-16.
- [7] Putra, R. P., Jokosisworo, S., & Kiryanto. (2016). Pengaruh Arus Listrik dan Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan *Impact* Aluminium 5083 Pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4 No. 1, Hal 152-161.

- [8] Robin, V., Devaux, J., Gilles, P., & Bergheau, J. (2010). Multipass Welding Modelling Methodology for Residual Stress Computation and Evaluation of the Integrity of Bimetallic Welds. *Mathematical Modelling of Weld Phenomena 8*, Hal. 973-996.
- [9] Sirisatien, T., Mahabunphachai, S., & Sojiphan, K. (2018). Effect of submerged arc welding process with one-side one-pass welding technique on distortion behavior of shipbuilding steel plate ASTM A131 grade A. *Elsevier Materials Today: Proceedings 5*, Hal. 9543 - 9551.
- [10] Zhang, Z., Yang, X., Zhang, J., Zhou, G., Xu, X., & Zou, B. (2011). Effect of welding parameters on microstructure and mechanical properties of friction stir spot welded 5052 aluminum alloy. *Elsevier Materials and Design 32*, Hal. 4461 - 4470.